



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Off nlegungsschrift**
⑩ **DE 199 13 654 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 01 F 1/704
F 02 D 41/18

⑳ Aktenzeichen: 199 13 654.8
㉔ Anmeldetag: 25. 3. 99
㉓ Offenlegungstag: 21. 10. 99

DE 199 13 654 A 1

③0 Unionspriorität:
10-90119 02. 04. 98 JP
㉒ Anmelder:
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP
㉒4 Vertreter:
Meissner, Bolte & Partner, 80538 München

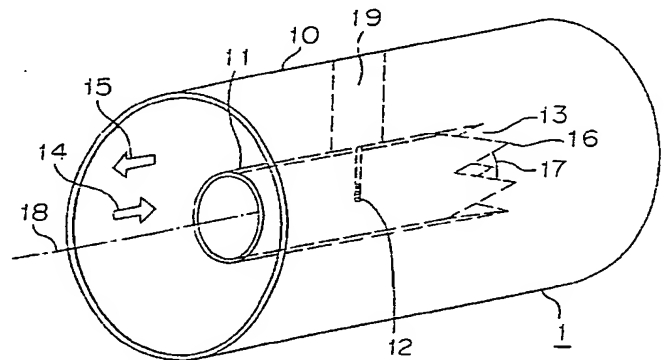
㉒2 Erfinder:
Hamada, Shingo, Tokio/Tokyo, JP; Yamakawa,
Tomoya, Tokio/Tokyo, JP; Yonezawa, Fumiyoshi,
Tokio/Tokyo, JP; Uramachi, Hiroyuki, Tokio/Tokyo,
JP; Oshima, Takeharu, Tokio/Tokyo, JP; Kotoh,
Satoru, Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 **Durchsatzmeßvorrichtung**

⑤7 Eine Durchsatzmeßvorrichtung umfaßt einen Durchsatzmeßkanal (11), der in einem Hauptkanal (10) für ein Fluid so vorzusehen ist, daß er sich im wesentlichen parallel mit dem Hauptkanal erstreckt, und einen Durchsatzmeßfühler (12), der in dem Durchsatzmeßkanal (11) angeordnet ist und eine Durchflußmenge des Fluids in dem Hauptkanal mißt, wobei eine abstromseitige Wand des Durchsatzmeßkanals (11) mit einem Schlitz (13) oder einem Durchgangsloch (45) ausgebildet ist. Die abstromseitige Wand kann mit einem luftdurchlässigen Teil (46; 47) ausgebildet sein. Die Durchsatzmeßvorrichtung kann ferner einen Vorsprung (43) an einer Außenwand des Durchsatzmeßkanals (11) aufstromseitig von dem Schlitz (13), dem Durchgangsloch (45) oder dem luftdurchlässigen Teil (46; 47) aufweisen, wobei der Vorsprung (43) relativ zu einer Längsrichtung des Durchsatzmeßkanals (11) in einer Umfangsrichtung verläuft.



DE 199 13 654 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Messen des Durchsatzes bzw. der Durchflußmenge eines Fluids, das einen Konstantdurchfluß, einen pulsierenden Durchfluß oder einen pulsierenden Durchfluß mit einer Rückströmung darin aufweist, und speziell eine Vorrichtung, die zur Messung des Ansaugluftdurchsatzes einer Brennkraftmaschine geeignet ist.

Fig. 31 ist eine Querschnittsansicht des Aufbaus eines Ansaugsystems für einen Kraftfahrzeugmotor. In dieser Figur bezeichnet das Bezugszeichen **1** eine Ansaugluftdurchsatz-Meßvorrichtung, die den Ansaugluftdurchsatz mißt, **2** bezeichnet einen Druckspeicher, **3** bezeichnet einen Pfeil für die Ansaugluft, **4** bezeichnet eine Luftfiltereinheit, **5** bezeichnet einen in der Luftfiltereinheit vorgesehenen Luftfilter, **6** bezeichnet eine Drosselklappe zur Regelung der Durchflußmenge der Ansaugluft **3**, **7** bezeichnet einen Ansaugluftkanal, **8** bezeichnet einen Brennraum des Motors, **9a** bezeichnet einen Ansaugkrümmer zum Einleiten der Ansaugluft in den Motorbrennraum **8**, **9b** bezeichnet einen Abgaskrümmer zum Abführen von Abgasen nach der Verbrennung, **11** bezeichnet einen Durchsatzmeßkanal, **12** bezeichnet einen Durchsatzmeßfühler, **85** bezeichnet einen Lufteinlaß, **86** ist ein Einlaßventil, und **87** ist ein Auslaßventil.

Die Ansaugluft **3**, die durch den Lufteinlaß **85** eintritt, wird in der Luftfiltereinheit **4** von dem Luftfilter **5** gefiltert, strömt durch die Ansaugluftdurchsatz-Meßvorrichtung **1** und die Drosselklappe **6** in dem Ansaugluftkanal **7**, den Druckspeicher **2** und den Einlaßkrümmer **9a** in der angegebenen Reihenfolge und wird unter Vermischung mit Kraftstoff in den Brennraum **8** des Motors geleitet. Nach der Verbrennung wird die Ansaugluft durch den Abgaskrümmer **9b** zur Atmosphäre abgegeben.

Es ist bekannt, daß das Durchflußverhalten der Ansaugluft **3**, die durch die Ansaugluftdurchsatz-Meßvorrichtung **1** in einer Serie von Saug-/Auspußhuben strömt, von einem Betriebszustand wie etwa einer Motordrehzahl und einem Öffnungsgrad der Drosselklappe **6** abhängig ist, so daß in manchen Fällen ein konstanter, stabiler Durchfluß mit einer konstanten Durchflußgeschwindigkeit erhalten wird und in anderen Fällen ein pulsierender Durchfluß mit einer sich über die Zeit ändernden Durchflußgeschwindigkeit erhalten wird.

Bei den Saug-/Auspußhuben einer Brennkraftmaschine beginnt sich das Einlaßventil **86** im Auspußhub zu öffnen, um den Fanggrad zu verbessern. In manchen Fällen wird in der Einlaßleitung **7** nicht nur eine Vorwärtsströmung aus einem Lufteinlaß **85** in Richtung zu dem Brennraum **8** des Motors, sondern auch eine Rückströmung erzeugt, weil die im Zylinder verbliebenen Abgase sowohl in das Einlaßventil **86** als auch in das Auslaßventil **87** eintreten.

Eine herkömmliche Durchsatzmeßvorrichtung kann den Durchsatz eines solchen pulsierenden Durchflusses, insbesondere eines pulsierenden Durchflusses mit einer darin enthaltenen Rückströmung, nicht messen, und die herkömmliche Vorrichtung erzeugt bei der Messung des Durchsatzes einer solchen pulsierenden Strömung einen beträchtlichen Fehler. In einem solchen Fall wird zwar der Fehler durch Korrektur mittels Software verringert, aber die Durchsatzmessung hat eine begrenzte Meßgenauigkeit, und die Korrektur trägt zu erhöhten Kosten bei. Unter diesen Bedingungen ist es äußerst erwünscht, daß die Ansaugluftdurchsatz-Meßvorrichtung **1** grundsätzlich eine Funktion zur Erfassung einer Rückströmung hat, um die Meßgenauigkeit zu verbessern und die Kosten zu senken.

Nachstehend folgt eine Erläuterung der Ansaugluftdurchsatz-Meßvorrichtung **1**. Um die Messung des Ansaugluft-

durchsatzes in einer Brennkraftmaschine immer weniger anfällig für Drift oder Turbulenzen zu machen, die durch einen gekrümmten Bereich des Saugluftkanals **7** oder der Luftfiltereinheit **4** hervorgerufen werden, ist der Durchsatzmeßkanal, der kleiner als der Saugluftkanal ist, in dem Saugluftkanal so vorgesehen, daß seine Längsachse im wesentlichen parallel mit dem Durchfluß eines zu messenden Fluids verläuft, und der Durchsatzmeßfühler **12** wie etwa ein Durchflußgeschwindigkeitsfühler ist seinerseits in dem Durchsatzmeßkanal vorgesehen, um den Durchfluß nahe dem Fühler zu berichtigen und so ein stabiles Ausgangssignal zu erzeugen.

Diese Anordnung hat zu dem Problem geführt, daß der Durchsatzmeßfühler **12** in dem Durchsatzmeßkanal **11** eine Durchflußmenge eines zu messenden Fluids nicht stabil erfassen kann, weil das Vorsehen des Durchsatzmeßkanals **11** instabile Wirbel oder Ablösungen der Strömung nahe einer Innenwand des Durchsatzmeßkanals **11** erzeugt, so daß der durch den Durchsatzmeßkanal **11** gehende Durchfluß gestört wird. Wenn sich die Strömung an einem Einlaß des Durchsatzmeßkanals **11** ablöst, wird die Dicke des Ablösebereichs in einer Abstromrichtung größer. Es ist bekannt, daß Gas durch eine Scherkraft im Bereich der Grenze zwischen dem Ablösebereich und einem Hauptströmungsbereich, die unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten haben, unregelmäßig gestört wird. Die unregelmäßige Störung trägt zur Erzeugung eines Fehlers bei der Durchsatzmessung bei.

Zur Lösung dieses Problems ist in JP-A-604813 vorgeschlagen worden, daß der Durchsatzmeßkanal mit der oben erwähnten Korrekturfunktion kleine Löcher hat, um Abtrennströme und Wirbel zu verringern, die am Einlaß des Durchsatzmeßkanals verursacht werden, um so die Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit in dem Durchsatzmeßkanal zu gleichmäßigern. Die Einzelheiten dieser Anordnung werden unter Bezugnahme auf die **Fig. 32(a)** und **(b)** erläutert. **Fig. 32(a)** ist eine Seitenansicht im Querschnitt, und **Fig. 32(b)** ist eine Vorderansicht. Dabei bezeichnet **100** eine Ansaugleitung, **101** ist der Durchsatzmeßkanal, **102** ist ein elastisches Heizelement zur Messung eines Durchsatzes, **103** und **104** sind temperaturabhängige Elemente, **105** ist ein erstes Stützelement, **106** ist ein zweites Stützelement, **107** sind kleine Löcher, und **108** bezeichnet einen Träger.

Wenn der Widerstandsdraht **102** aktiviert ist, so daß er erwärmt wird, und wenn Luft an dem Widerstandsdraht in Vorwärtsrichtung entlangströmt, wird der temperaturabhängige Widerstandsdraht **103** von dem aus einer aufstromseitigen Richtung zugeführten Luftstrom gekühlt. Da die Luft, die von einem aufstromseitigen Bereich des temperaturabhängigen Widerstandsdrahts **103** erwärmt worden ist, zu diesem Zeitpunkt entlang dem temperaturabhängigen Widerstandsdraht **104** strömt, erhält man eine auf die Erwärmung der Ansaugluft zurückgehende Temperaturdifferenz zwischen dem temperaturabhängigen Widerstandsdraht **103** und dem temperaturabhängigen Widerstandsdraht **104**. Die Temperaturdifferenz ist in Abhängigkeit von dem Heizwert des Widerstandsdrahts **102** und dem Mengendurchsatz der Ansaugluft veränderlich. Der statische Druck an einer Innenwand des Durchsatzmeßkanals **101** wird kleiner als der statische Druck an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals, weil die Strömungsgeschwindigkeit in dem Durchsatzmeßkanal **101** langsamer als diejenige an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals **101** ist, und zwar wegen des Vorhandenseins von Reibungsverlusten an der Innenwand in dem Durchsatzmeßkanal **101**. Die Differenz zwischen den beiden statischen Drücken erzeugt Ströme, die in den Durchsatzmeßkanal **101** von der Außenseite desselben durch die kleinen Löcher **107** geleitet werden. Da das Gas, das durch die kleinen Löcher **107** in den Durchsatzmeßkanal **101**

strömt, in den Abtrennbereich eintritt, um die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem Hauptströmungsbereich und dem Abtrennbereich zu verringern, befindet sich eine Geschwindigkeitsgrenzschicht näher an der Innenwand des Durchsatzmeßkanals 101, wodurch die Störung der Strömungsgeschwindigkeit verringert wird. Die Druckschrift gibt an, daß diese Anordnung die Wärme von dem Heizelement 102 auf das temperaturabhängige Element 104 auf stabile Weise übertragen kann, um dadurch die Genauigkeit der Durchsatzmessung zu verbessern.

Dieser Vorschlag berücksichtigt aber nicht das Problem, daß dann, wenn der Durchsatzmeßkanal 101 in einer pulsierenden Strömung vorgesehen ist, dessen Strömungsgeschwindigkeit sich mit der Zeit ändert, die Strömungsgeschwindigkeit in dem Durchsatzmeßkanal 101 unter dem Einfluß von Wirbeln verringert wird, die in einer rückwärtigen Strömung hinter dem Durchsatzmeßkanal erzeugt werden, wodurch in der Durchsatzmessung ein Fehler erzeugt wird.

Ein Objekt in einer pulsierenden Strömung hat gegenüber einem Objekt in einer konstanten Strömung ein vollständig anderes Strömungsverhalten. Ein Objekt in einer sich beschleunigenden Strömung hat ein ganz anderes Strömungsverhalten als ein Objekt in einer sich verzögernden Strömung. Insbesondere dann, wenn der herkömmliche Durchsatzmeßkanal 11 in einer pulsierenden Strömung angeordnet ist, wird bei einer Verzögerung ein deutlicher Fehler in der Durchsatzmessung erzeugt, was nachstehend erläutert wird.

Bevor das Problem erläutert wird, das durch das Vorsehen des Durchsatzmeßkanals 11 in einer pulsierenden Strömung verursacht wird, soll der Fall erläutert werden, in dem eine flache Platte in einer konstanten Strömung oder einer pulsierenden Strömung so vorgesehen ist, daß sie sich entlang der Strömung erstreckt.

Fig. 33 zeigt Scherströme, die durch eine flache Platte 21 zusammenlaufen, die in einer konstanten Strömung angeordnet ist, so daß sie sich parallel mit der Strömung erstreckt, wobei an der Grenzfläche zwischen den Scherströmen eine instabile Scherschicht zwischen den Scherströmen erzeugt wird, zweidimensionale zyklische Wirbel 98 erzeugt werden, die zyklischen Wirbel sich zu diskreten Wirbeln 55 verändern und die diskreten Wirbel schließlich kollabieren. Es ist bekannt, daß die Ströme sich in einer Zone miteinander vermischen, die einen bestimmten Ausdehnungswinkel 99 hat. Wie Fig. 34 zeigt, wird die mittlere Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit in dieser Zeit in der Vermischungszone flacher, während sich die Strömung in Abstromrichtung bewegt. Infolgedessen wird die Scherung allmählich geringer.

Im Fall einer sich beschleunigenden pulsierenden Strömung wird der Ausdehnungswinkel 99 in der Vermischungszone kleiner als im Fall einer konstanten Strömung, und zwar wegen der Hinzufügung einer potentiellen Strömung zu der Strömung unmittelbar vor der Beschleunigung, wie Fig. 35 zeigt.

Im Fall einer sich verlangsamenen pulsierenden Strömung wird der Ausdehnungswinkel 99 der Vermischungszone größer, und die diskreten Wirbel 55 werden massiver als diejenigen in einer konstanten Strömung, wie in Fig. 36 gezeigt ist.

Da der Durchsatzmeßkanal 11 dadurch gebildet ist, daß die flache Platte 21 zu zylindrischer Gestalt geformt ist, dehnt sich die Art der Strömung in der Nachströmung hinter der flachen Platte 21 in einer Umfangsrichtung des Durchsatzmeßkanals 11 in bezug auf dessen Längsachse 18 aus. In Fall einer konstanten Strömung werden von einem abstromseitigen Ende des Durchsatzmeßkanals 11 ausgehend ringförmige Wirbel 90 erzeugt, und zwar durch das Vorhanden-

sein einer Scherkraft, die durch eine Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Luftströmen 23 und 24 in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite bewirkt ist, wie Fig. 37 zeigt. Die ringförmigen Wirbel 90 verteilen sich und werden durch die Mischzone, die einen bestimmten Ausdehnungswinkel 99 hat, zu den diskreten Wirbeln 55 verändert. In dieser Figur bezeichnet das Bezugszeichen 52 eine Distanz, die erforderlich ist, bis die Wirbel kollabieren. Eine kürzere Distanz bedeutet eine schnellere Entwicklung beim Kollabieren.

Im Fall eines sich beschleunigenden pulsierenden Durchflusses ist die Strömung 23 in dem Durchsatzmeßkanal 11 nahezu gleich wie die Strömung 24 an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11, wie Fig. 38 zeigt, weil die Mischzone beschränkt ist.

Im Fall eines sich verzögernden pulsierenden Durchflusses wird die Durchflußgeschwindigkeit in dem Durchsatzmeßkanal 11 gegenüber dem Fall eines konstanten Durchflusses erheblich verringert, wie Fig. 39 zeigt, weil die diskreten Wirbel 55 massiver werden und einen breiten Bereich nahe dem Auslaß des Durchsatzmeßkanals 11 einnehmen, so daß sie die Strömung 23 daran hindern, aus dem Durchsatzmeßkanal auszutreten. Infolgedessen wird die Durchflußmenge der Strömung 24 an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 von einer Abnahme der Durchflußmenge der Strömung 23 in dem Durchsatzmeßkanal 11 erhöht, wodurch ein Ablösungsverhältnis beider Ströme in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an seiner Außenseite verändert wird. Das Ablösungsverhältnis bedeutet ein Verhältnis des Durchsatzes in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite. Wenn die Durchsatzmeßvorrichtung 1 so eingestellt ist, daß die Beziehung zwischen einer Gesamtdurchflußmenge und einem Ausgangssignal des Durchsatzmeßfühlers 12 in bezug auf einen konstanten Durchfluß geprüft wird, und der Durchfluß sich von einem konstanten Durchfluß zu einem pulsierenden Durchfluß ändert, wird die Durchflußgeschwindigkeit in dem Durchsatzmeßkanal 11 erheblich verringert, wodurch verhindert wird, daß der Durchsatzmeßfühler 12 einen Durchsatz korrekt messen kann, was zu dem Problem führt, daß die Durchsatzmeßvorrichtung 1 einen Fehler bei der Durchsatzmessung erzeugt.

Wenn eine Rückströmung erzeugt wird, werden die diskreten Wirbel 55, die während der Verlangsamung massiv geworden sind, in der Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung mitgenommen, wobei sie in Bereiche in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite getrennt werden, wie Fig. 40 zeigt. Die Wirbel, die in den Durchsatzmeßkanal 11 gelangt sind, kollidieren mit dem Durchsatzmeßfühler 12 und stören die Strömung nahe dem Durchsatzmeßfühler. Das führt zu dem Problem, daß ein Fehler bei der Durchsatzmessung erzeugt wird, weil der Durchsatzmeßfühler 12 eine Änderung der Durchflußgeschwindigkeit, die durch die diskreten Wirbel 55 hervorgerufen wird, ungeachtet der Hauptströmung detektiert.

Das Vorsehen der kleinen Löcher in einem aufstromseitigen Bereich des Durchsatzmeßkanals 101, der in Fig. 32 gezeigt ist, ergibt zwar in dem Durchsatzmeßkanal 101 in gewissem Maß einen Korrektoreffekt im Fall eines konstanten Durchflusses, diese Anordnung berücksichtigt jedoch in keiner Weise das Problem, daß im Fall eines pulsierenden Durchflusses das Ablösungsverhältnis der Ströme in dem Durchsatzmeßkanal 101 und an dessen Außenseite unter dem Einfluß der Wirbel, die in dem rückwärtigen Durchfluß erzeugt werden, verändert wird, so daß ein Fehler in der Durchsatzmessung erzeugt wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Lösung der vorstehend angegebenen Probleme und die Bereitstellung einer Durchsatzmeßvorrichtung, die imstande ist, nicht nur

einen Korrektoreffekt durch einen Durchsatzmeßkanal zu bieten, sondern auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen Strömen in dem Durchsatzmeßkanal und an dessen Außenseite zu verringern, um dadurch einen Fehler in der Durchsatzmessung in einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung zu verringern.

Die Aufgabe wird durch den Gegenstand gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst.

Die Durchsatzmeßvorrichtung gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung weist folgendes auf: einen Durchsatzmeßkanal, der in einem Primärkanal für ein Fluid so vorzusehen ist, daß er sich im wesentlichen parallel mit dem Primärkanal erstreckt; und einen Durchsatzmeßfühler, der in dem Durchsatzmeßkanal vorgesehen ist und einen Durchsatz des Fluids in dem Primärkanal mißt, wobei eine abstromseitige Wand des Durchsatzmeßkanals mit wenigstens einem von einem Schlitz, einem Durchgangsloch und einem luftdurchlässigen Element ausgebildet ist.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung ist eine Vielzahl von Schlitzen oder Durchgangslöchern in einer Umfangsrichtung des Durchsatzmeßkanals in bezug auf dessen Längsachse in der Anordnung gemäß dem ersten Aspekt vorgesehen.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung sind die Schlitze oder Durchgangslöcher in gleichen Abständen in der Umfangsrichtung in der Anordnung gemäß dem zweiten Aspekt vorgesehen.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß einem vierten Aspekt der Erfindung sind die Schlitze oder Durchgangslöcher an einer ungeraden Anzahl von Stellen in der Umfangsrichtung in der Anordnung nach dem dritten Aspekt vorgesehen.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß einem fünften Aspekt der Erfindung hat der Schlitz eine allmählich zunehmende Breite zu einer abstromseitigen Richtung hin in der Anordnung nach dem ersten Aspekt.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß einem sechsten Aspekt der Erfindung hat ein Bereich des Durchsatzmeßkanals, in dem der Schlitz oder die Durchgangslöcher ausgebildet sind, eine Wandstärke, die zu der abstromseitigen Richtung hin in der Anordnung nach dem ersten Aspekt abnimmt.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß einem siebten Aspekt der Erfindung hat ein Bereich des Durchsatzmeßkanals, in dem der Schlitz oder das Durchgangsloch ausgebildet sind, einen Außendurchmesser, der in abstromseitiger Richtung in der Anordnung nach dem sechsten Aspekt abnimmt.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß einem achten Aspekt der Erfindung hat ein Bereich des Durchsatzmeßkanals, in dem der Schlitz oder das Durchgangsloch ausgebildet sind, einen Innendurchmesser, der zu der abstromseitigen Richtung hin in der Anordnung nach dem siebten Aspekt größer wird.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß einem neunten Aspekt der Erfindung weist die Anordnung gemäß dem ersten Aspekt weiterhin einen Vorsprung an einer Außenwand des Durchsatzmeßkanals aufstromseitig von dem Schlitz, dem Durchgangsloch oder dem luftdurchlässigen Element auf, wobei der Vorsprung sich in bezug auf eine Längsrichtung des Durchsatzmeßkanals in der Umfangsrichtung erstreckt.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß einem zehnten Aspekt der Erfindung hat das luftdurchlässige Element einen Luftdurchlaßwiderstand, der zu einer abstromseitigen Richtung hin bei der Anordnung nach dem ersten Aspekt ab-

nimmt.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß dem ersten Aspekt können ringförmige Wirbel, die aus einer Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal erzeugt werden, zwangsweise in Abschnitte getrennt werden. Die abgetrennten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel. Diese Anordnung kann nicht nur eine korrigierende Wirkung aufgrund des Durchsatzmeßkanals bieten, sondern kann auch eine Änderung eines Ablösungsverhältnisses zwischen Strömen in dem Durchsatzmeßkanal und an dessen Außenseite in einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß bieten. Auch wenn die diskreten Wirbel sich durch das Auftreten einer Rückströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung nicht nur den korrigierenden Effekt durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung in einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß sowie einem pulsierenden Durchfluß, der eine Rückströmung enthält, verringern.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung nach dem zweiten Aspekt können die ringförmigen Wirbel, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal erzeugt werden, zwangsweise, zuverlässig und rasch in Abschnitte aufgetrennt werden. Die aufgetrennten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern kann auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömungen in dem Durchsatzmeßkanal und an seiner Außenseite in einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß verringern. Auch wenn die diskreten Wirbel sich durch das Auftreten einer Rückströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung nicht nur den Korrektoreffekt durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung in einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß, der eine Rückströmung enthält, reduzieren.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung nach dem dritten Aspekt können die ringförmigen Wirbel, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal erzeugt werden, in Abschnitten in gleichen Abständen in bezug auf eine Längsachse des Durchsatzmeßkanals abgetrennt werden, um so die Größe der abgetrennten ringförmigen Wirbel zu minimieren. Die abgetrennten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel. Diese Anordnung kann nicht nur den Korrektoreffekt durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern auch eine Änderung des Ablöseverhältnisses zwischen den Strömen in dem Durchsatzmeßkanal und an dessen Außenseite in einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß verringern. Selbst wenn die diskreten Wirbel sich durch das Auftreten einer Rückströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Daher kann die Durchsatzmeßvorrichtung nicht nur den Korrektoreffekt durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern kann auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung bei einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß, in dem eine Rückströmung enthalten ist, verringern.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß dem vierten Aspekt werden die ringförmigen Wirbel, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal erzeugt werden, durch Störung ihrer Symmetrie instabil gemacht. Die Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel. Diese

Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömungen in dem Durchsatzmeßkanal und an dessen Außenseite in einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß verringern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel durch das Auftreten einer Rückströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung nicht nur den Korrektoreffekt durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung bei einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung verringern.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß dem fünften Aspekt können die ringförmigen Wirbel, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal erzeugt werden, zuverlässig in Abschnitten abgetrennt werden, da die Ablösung in Durchflußrichtung gleichmäßig erfolgt. Die abgelösten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern kann auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömungen in dem Durchsatzmeßkanal und an dessen Außenseite bei einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß verringern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel durch das Auftreten einer Rückströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung nicht nur den Korrektoreffekt durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern kann auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung bei einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung verringern.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß dem sechsten Aspekt vereinigen sich die Strömung, die die Außenseite des Durchsatzmeßkanals passiert hat, und die Strömung, die durch den Durchsatzmeßkanal gegangen ist, gleichmäßig und vermischen sich kräftig in der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal. Die ringförmigen Wirbel können prompt als weitere kleinere diskrete Wirbel zum Kollabieren gebracht werden. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern kann auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömungen in dem Durchsatzmeßkanal und an dessen Außenseite bei einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß verringern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel durch das Auftreten einer Rückströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung nicht nur den Korrektoreffekt durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern kann auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung bei einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung verringern.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß dem siebten Aspekt vereinigen sich die Strömung, die die Außenseite des Durchsatzmeßkanals passiert hat, und die Strömung, die durch den Durchsatzmeßkanal gegangen ist, gleichmäßig. Die ringförmigen Wirbel, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal erzeugt werden, können durch die vereinigten Ströme von innen zur Außenseite gesaugt werden. Der von den abgelösten diskreten Wirbeln in der Nähe eines Auslasses des Durchsatzmeßkanals eingenommene Bereich wird verkleinert, da die abgelösten diskreten Wirbel sich an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals bewegen.

Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömungen in dem Durchsatzmeßkanal und an dessen Außenseite bei einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß verringern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel durch das Auftreten einer Rückströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung nicht nur den Korrektoreffekt durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung bei einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung verringern.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß dem achten Aspekt kann diese Anordnung nicht nur die Korrekturwirkung durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern kann auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen innerhalb und außerhalb des Durchsatzmeßkanals bei einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß verringern. Selbst wenn eine Rückströmung erzeugt wird, kann diese Anordnung einen Fehler bei der Durchsatzmessung durch einen Kontraktionseffekt verringern.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß dem neunten Aspekt wird eine Ablösezone in einer Nachströmung hinter dem Vorsprung erzeugt, so daß die Strömung von innen nach außen gesaugt wird. Die diskreten Wirbel bewegen sich in Abstromrichtung und werden in der Umfangsrichtung abgelenkt. Infolgedessen ist die Strömung, die durch den Durchsatzmeßkanal gegangen ist, gegenüber einer Abnahme ihrer Durchflußgeschwindigkeit kaum empfindlich. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömungen in dem Durchsatzmeßkanal und an dessen Außenseite bei einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß verringern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel durch das Auftreten einer Rückströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung nicht nur den Korrektoreffekt durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung bei einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung verringern.

Bei der Durchsatzmeßvorrichtung nach dem zehnten Aspekt können die ringförmigen Wirbel, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal erzeugt werden, zuverlässig in Abschnitte aufgetrennt werden, da die Trennung in einer Durchflußrichtung gleichmäßig erfolgt. Die abgetrennten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern kann auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömungen in dem Durchsatzmeßkanal und an dessen Außenseite bei einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß verringern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel durch das Auftreten einer Rückströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung nicht nur den Korrektoreffekt durch den Durchsatzmeßkanal bieten, sondern kann auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung bei einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rück-

strömung verringern.

Die Erfindung wird nachstehend auch hinsichtlich weiterer Merkmale und Vorteile anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die bei liegenden Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in:

Fig. 1 eine Perspektivansicht der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 einen Querschnitt der Vorrichtung von **Fig. 1** entlang einer Ebene, die eine Längsachse der Vorrichtung enthält;

Fig. 3 einen Querschnitt der Vorrichtung von **Fig. 2** entlang der Linie III-III;

Fig. 4 eine Vorderansicht des Durchsatzmeßfühlers, der bei der ersten Ausführungsform anwendbar ist;

Fig. 5 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Strömungsverlaufs eines konstanten Durchflusses bei der ersten Ausführungsform;

Fig. 6 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Strömungsverlaufs beim Auftreten einer Verlangsamung bei der ersten Ausführungsform;

Fig. 7 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Strömungsverlaufs beim Auftreten einer Rückströmung bei der ersten Ausführungsform;

Fig. 8 einen vergrößerten Querschnitt, der einen wesentlichen Bereich des Durchsatzmeßkanals gemäß der ersten Ausführungsform zeigt, um den durch den Kanal ermöglichten Strömungsverlauf zu erläutern;

Fig. 9 einen vergrößerten Querschnitt, der einen wesentlichen Bereich des Durchsatzmeßkanals gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung zeigt, um den durch den Kanal ermöglichten Strömungsverlauf zu erläutern;

Fig. 10 eine schematische Ansicht, die den Durchsatzmeßkanal gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung zeigt, um den Strömungsverlauf zu erläutern, der bei konstantem Durchfluß von dem Kanal ermöglicht wird;

Fig. 11 eine schematische Ansicht, die den Durchsatzmeßkanal gemäß der dritten Ausführungsform zeigt, um den Strömungsverlauf zu erläutern, den der Kanal beim Auftreten einer Verlangsamung ermöglicht;

Fig. 12 eine schematische Ansicht, die den Durchsatzmeßkanal gemäß der dritten Ausführungsform zeigt, um den Strömungsverlauf zu erläutern, den der Kanal beim Auftreten einer Rückströmung ermöglicht;

Fig. 13 ein Diagramm von Meßwerten, die mit den Durchsatzmeßvorrichtungen der ersten bis dritten Ausführungsform erhalten wurden;

Fig. 14 eine Perspektivansicht des Durchsatzmeßkanals gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 15 eine Perspektivansicht des Durchsatzmeßkanals gemäß einer fünften Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 16 eine schematische Ansicht, die den Durchsatzmeßkanal gemäß einer fünften Ausführungsform zeigt, um den Strömungsverlauf zu erläutern, den der Kanal bei Konstantdurchfluß ermöglicht;

Fig. 17 eine schematische Ansicht, die den Durchsatzmeßkanal gemäß der sechsten Ausführungsform zeigt, um den Strömungsverlauf zu erläutern, den der Kanal beim Auftreten einer Verlangsamung ermöglicht;

Fig. 18 eine schematische Ansicht, die den Durchsatzmeßkanal gemäß der sechsten Ausführungsform zeigt, um den Strömungsverlauf zu erläutern, den der Kanal beim Auftreten einer Rückströmung ermöglicht;

Fig. 19 eine Perspektivansicht des Durchsatzmeßkanals gemäß einer siebten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 20 eine schematische Ansicht des Durchsatzmeßkanals gemäß einer achten Ausführungsform der Erfindung, um den Strömungsverlauf zu erläutern, den der Kanal bei ei-

nem Konstantdurchfluß ermöglicht;

Fig. 21 eine schematische Ansicht, die den Durchsatzmeßkanal gemäß der achten Ausführungsform zeigt, um den Strömungsverlauf zu erläutern, den der Kanal beim Auftreten einer Verlangsamung ermöglicht;

Fig. 22 eine schematische Ansicht des Durchsatzmeßkanals gemäß der achten Ausführungsform, um den Strömungsverlauf zu erläutern, den der Kanal beim Auftreten einer Rückströmung ermöglicht;

Fig. 23 eine Perspektivansicht des Durchsatzmeßkanals gemäß einer achten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 24 eine Perspektivansicht des Durchsatzmeßkanals gemäß einer zehnten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 25 einen vergrößerten Querschnitt, der einen wesentlichen Bereich des Durchsatzmeßkanals gemäß einer elften Ausführungsform der Erfindung zeigt, um den durch den Kanal ermöglichten Strömungsverlauf zu erläutern;

Fig. 26 eine schematische Ansicht, die den Durchsatzmeßkanal gemäß einer zwölften Ausführungsform der Erfindung zeigt, um den durch den Kanal ermöglichten Strömungsverlauf bei konstantem Durchfluß zu erläutern;

Fig. 27 eine Perspektivansicht des Durchsatzmeßkanals gemäß einer dreizehnten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 28 eine Perspektivansicht eines Beispiels des Durchsatzmeßkanals gemäß einer vierzehnten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 29 eine Perspektivansicht eines anderen Beispiels des Durchsatzmeßkanals gemäß der vierzehnten Ausführungsform;

Fig. 30 eine Perspektivansicht eines weiteren Beispiels des Durchsatzmeßkanals gemäß der vierzehnten Ausführungsform;

Fig. 31 einen seitlichen Querschnitt eines typischen Ansaugluftsystems für einen Kraftfahrzeugmotor;

Fig. 32(a), 32(b) einen seitlichen Querschnitt und eine Vorderansicht einer herkömmlichen Durchsatzmeßvorrichtung;

Fig. 33 eine schematische Ansicht zur Erläuterung von Scherströmen, die sich an einer flachen Platte vereinigen, die in einem konstanten Durchfluß angeordnet ist, wobei die Platte parallel mit der Strömung verläuft;

Fig. 34 eine schematische Ansicht von Strömungsgeschwindigkeitsverteilungen der Scherströme, die sich an der flachen Platte vereinigen;

Fig. 35 eine schematische Ansicht zur Erläuterung der Scherströme, die sich an der flachen Platte beim Auftreten einer Beschleunigung vereinigen;

Fig. 36 eine schematische Ansicht zur Erläuterung der Scherströme, die sich an der flachen Platte beim Auftreten einer Verlangsamung vereinigen;

Fig. 37 eine schematische Ansicht zur Erläuterung einer Nachströmung hinter einem zylindrischen Durchsatzmeßkanal bei einer konstanten Strömung;

Fig. 38 eine schematische Ansicht zur Erläuterung der Nachströmung hinter dem zylindrischen Durchsatzmeßkanal beim Auftreten einer Beschleunigung;

Fig. 39 eine schematische Ansicht zur Erläuterung der Nachströmung hinter dem zylindrischen Durchsatzmeßkanal beim Auftreten einer Verlangsamung; und

Fig. 40 eine schematische Ansicht zur Erläuterung der Nachströmung hinter dem zylindrischen Durchsatzmeßkanal beim Auftreten einer Rückströmung.

AUSFÜHRUNGSFORM 1

Fig. 1 zeigt eine Perspektivansicht der Durchsatzmeßvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform. Die Durchsatzmeßvorrichtung kann an der gleichen Position wie die

herkömmliche Meßvorrichtung im Ansaugsystem eines Kraftfahrzeugmotors entsprechend Fig. 31 angeordnet sein, um einen Ansaugluftdurchsatz zu messen. Fig. 2 ist ein seitlicher Querschnitt durch die Meßvorrichtung von Fig. 1 entlang einer Ebene, die eine Längsachse 18 des Kanals enthält. Fig. 3 ist ein Querschnitt der Meßvorrichtung von Fig. 2 entlang der Linie III-III.

In diesen Figuren bezeichnet 10 ein zylindrisches Gehäuse, das eine innere Wandfläche hat, die übergangslos mit einer inneren Wandfläche des in Fig. 31 gezeigten Saugluftkanals 7 vereinigt ist und als Hauptströmungskanal für ein Fluid dient. 11 bezeichnet einen zylindrischen Durchsatzmeßkanal, der in dem Hauptströmungskanal 10 so vorgesehen ist, daß seine Längsachse parallel mit einer Längsachse der Hauptströmungskanals 10 verläuft. Der Durchsatzmeßkanal 11 kann länger oder kürzer als der Hauptströmungskanal 10 sein. 12 bezeichnet einen Durchsatzmeßfühler, der in dem Durchsatzmeßkanal 11 vorgesehen ist. Der Durchsatzmeßfühler hat eine Meßfühlereinheit, die bei dieser Ausführungsform im wesentlichen auf der Längsachse des Durchsatzmeßkanals 11 vorgesehen ist. 18 bezeichnet die Längsachse des Durchsatzmeßkanals 11. 19 bezeichnet einen Träger, der den Durchsatzmeßkanal 11 mit dem Hauptströmungskanal 10 verbindet und die Verkabelung für den Durchsatzmeßfühler 12 enthält und den Durchsatzmeßkanal 11 haltet. 20 bezeichnet ein abgerundetes Ende, das an dem Durchsatzmeßkanal 11 ausgebildet ist, um die Erzeugung einer Ablöseströmung am Einlaßende des Durchsatzmeßkanals so weit wie möglich zu minimieren. 14 ist ein Pfeil, der eine normale Durchflußrichtung oder eine Vorwärtsströmungsrichtung der Ansaugluft in dem Hauptströmungskanal 10 oder dem Durchsatzmeßkanal 11 bezeichnet. 15 ist ein Pfeil, der eine Rückwärtsströmungsrichtung bezeichnet. 13 bezeichnet einen der Schlitze. Die Schlitze sind an fünf Stellen an einem abstromseitigen Ende des Durchsatzmeßkanals 11 in der Vorwärtsströmungsrichtung 14 vorgesehen. Die Schlitze, die geometrisch miteinander deckungsgleich sind, sind in gleichen Abständen in einer Umfangsrichtung des Kanals vorgesehen. Die jeweiligen Schlitze sind dreiecksförmig, so daß sich ihre Öffnungsweite vergrößert, indem jeweilige Bereiche des abstromseitigen Endes des Durchsatzmeßkanals 11 ausgeschnitten sind. 16 bezeichnet eine Schneide, die am abstromseitigen Ende des Durchsatzmeßkanals 11 vorgesehen ist, indem die Dicke des Bereichs mit jedem der darin ausgebildeten Schlitze 13 zu einer Abstromrichtung hin allmählich abnimmt. 17 bezeichnet einen Erweiterungswinkel eines Schlitzes 13. 18 bezeichnet die Längsachse des Durchsatzmeßkanals 11. 23 ist ein Pfeil, der eine Strömung in dem Durchsatzmeßkanal 11 bezeichnet. 24 ist ein Pfeil, der eine Strömung zwischen einer äußeren Wand des Durchsatzmeßkanals 11 und der Innenwand des Hauptströmungskanals 10 bezeichnet.

Der Hauptströmungskanal 10 und der Durchsatzmeßkanal 11 sind zwar bei dieser Ausführungsform hinsichtlich ihrer Längsachsen in Ausfluchtung miteinander, aber es müssen nicht immer beide Achsen in Ausfluchtung miteinander sein. Die Ausfluchtung beider Achsen ist in bezug auf die Verbesserung der Durchsatzmeßgenauigkeit zu bevorzugen.

Nachstehend werden die Konstruktion und der Betrieb eines Beispiels des Durchsatzmeßfühlers 12 erläutert. Fig. 4 ist eine Draufsicht auf den Durchsatzmeßfühler, der bei der ersten Ausführungsform anwendbar ist. Der Durchsatzmeßfühler ist ein Luftmengenmesser für eine Brennkraftmaschine, der beispielsweise in JP-A-1185416 gezeigt ist. Der Luftmengenmesser weist folgendes auf: ein ebenes Substrat, das in dem Saugluftkanal so vorgesehen ist, daß es parallel mit dem Ansaugluftstrom orientiert ist. Heizwiderstände aus wärmeempfindlicher Widerstandsschicht, die auf dem ebe-

nen Substrat am auf- und abstromseitigen Ende davon in der Durchflußrichtung der Ansaugluft vorgesehen sind, und einen Komparator, der eine Differenz zwischen der Wärmeabgabemenge jedes von dem auf- und dem abstromseitigen Widerstand elektrisch bestimmt und die Durchflußrichtung der Ansaugluft erfaßt.

Dabei ist 200 ein Pfeil, der den normalen Luftdurchfluß oder die Vorwärtsströmungsrichtung der Luft bezeichnet. 201 bezeichnet das Substrat, das geringe Dicke hat und aus Kunststoffolie besteht. 202 ist ein wärmeisolierendes Loch, das dazu dient, einen störenden thermischen Einfluß zwischen den Heizwiderständen 203, 204 und den Heizwiderständen 205, 206 zum Zweck des Temperatenausgleichs zu vermeiden. 203 bezeichnet den Heizwiderstand, der an der Aufstromseite der Ansaugluft vorgesehen ist. 204 bezeichnet den Heizwiderstand an der Abstromseite der Ansaugluft. 205 bezeichnet den Heizwiderstand für den Temperatenausgleich, der an der Aufstromseite der Ansaugluft vorgesehen ist. 206 bezeichnet den Heizwiderstand für den Temperatenausgleich, der an der Abstromseite der Ansaugluft vorgesehen ist. Die Heizwiderstände 205, 206 für den Temperatenausgleich erfassen eine Temperatur der Ansaugluft und korrigieren eine Durchflußmenge.

Durch diese Anordnung erzeugt der Luftstrom eine Differenz der Wärmeverteilung zwischen dem aufstromseitigen Heizwiderstand 203 und dem abstromseitigen Heizwiderstand 204, und die Durchflußrichtung und die Durchflußgeschwindigkeit der Luft können auf der Basis dieser Differenz bestimmt werden.

Nachstehend wird die Grundströmung in der Durchsatzmeßvorrichtung 1 erläutert. Dabei ist ein zu messender Durchsatz ein Konstantdurchsatz, der in der Vorwärtsströmungsrichtung 14 durchfließt.

Die Ansaugluft 3 gelangt aus dem Saugluftkanal 7 in den Hauptströmungskanal 10. Ein Teil der Ansaugluft strömt durch den zylindrischen Durchsatzmeßkanal 11, wie der Pfeil 23 zeigt. Der restliche Teil strömt durch einen zylindrischen Doppelkanal, der durch die Innenwand des Hauptströmungskanals 10 und die Außenwand des Durchsatzmeßkanals 11 gebildet ist, wie der Pfeil 24 zeigt, wobei er von der Strömung durch den Durchsatzmeßkanal 11 getrennt ist. Der Durchsatzmeßkanal 11 hat ein mit dem abgerundeten Ende 20 ausgebildetes aufstromseitiges Ende, um die Erzeugung des Ablösestroms vom aufstromseitigen Ende des Durchsatzmeßkanals 11 in dem Durchsatzmeßkanal 11 oder an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 zu minimieren.

Die Strömung 23, die vom aufstromseitigen Ende des Durchsatzmeßkanals 11 in diesen gelangt, hat in einer zu der Wand des Durchsatzmeßkanals 11 senkrechten Richtung eine Änderung der Durchflußgeschwindigkeit, die durch die Anwesenheit der Innenwand des Durchsatzmeßkanals 11 gedämpft wird und die in einer mit der Längsachse 18 parallelen Richtung korrigiert wird. Das bedeutet, daß der Durchsatzmeßfühler 12 eine Durchfluß messen kann, der stabil und im Vergleich mit einem Fall ohne Durchsatzmeßkanal 11 weniger gestört ist.

Die Strömung 23 trifft auf den im Durchsatzmeßkanal 11 angeordneten Durchsatzmeßfühler 12. Der Durchsatzmeßfühler 12 kann wie in Fig. 4 gezeigt aufgebaut sein. Der Durchsatzmeßfühler umfaßt die Heizwiderstände, die an der Auf- und der Abstromseite in der Durchflußrichtung der Luft vorgesehen sind und so geregelt werden, daß sie eine bestimmte Temperatur haben. Die Wärme an der Aufstromseite wird mit der Luft transportiert und erreicht den Heizwiderstand an der Abstromseite, wobei eine Differenz der Wärmeverteilungsmenge zwischen den auf- und den abstromseitigen Heizwiderständen erzeugt wird. Der Durch-

satzmeßfühler kann die Wärmeverteilung der Heizwiderstände auf der Basis eines den Heizwiderständen zugeführten elektrischen Stroms schätzen, um eine Durchflußgeschwindigkeit zu messen. Beim Auftreten einer Rückströmung wird die Wärme von dem abstromseitigen Heizelement in der Luft transportiert und erreicht das aufstromseitige Heizelement, wodurch eine Differenz der Wärmeverteilungsmenge zwischen den auf- und den abstromseitigen Heizwiderständen auf die gleiche Weise erzeugt wird. Der Durchsatzmeßfühler 12 ist ein wärmeempfindlicher Meßfühler, der die Richtung und die Strömungsgeschwindigkeit eines Durchflusses auf der Basis einer Differenz der Wärmeverteilungsmenge aufnehmen kann.

Der Durchsatzmeßfühler 12, der eine Rückströmung detektieren kann, mißt eine Durchflußgeschwindigkeit im Bereich der Längsachse 18 des Durchsatzmeßkanals 11 von einem Moment zum nächsten. Der größte Teil der Strömung 23, die den Durchsatzmeßfühler 12 passiert hat, strömt zwar am abstromseitigen Ende des Durchsatzmeßkanals 11 aus, aber ein Teil der Strömung 23 gelangt mit der Strömung 24 an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 durch die Schlitz 13 in Berührung und vereinigt sich damit. Die vereinigten Ströme gelangen vom abstromseitigen Ende des Hauptströmungskanals 10 in den Ansaugluftkanal 7, der an den Durchsatzmeßkanal anschließt, wie Fig. 31 zeigt.

Im allgemeinen ist die Durchsatzmeßvorrichtung 1 so eingestellt, daß ein Gesamtdurchsatz der Ansaugluft in der Durchsatzmeßvorrichtung 1 und ein Ausgangswert von dem Durchsatzmeßfühler 12 in dem Durchsatzmeßkanal 11 bereits vorher in bezug auf einen Konstantdurchfluß überprüft werden und daß die Durchsatzmeßvorrichtung die Beziehung zwischen jedem Gesamtdurchsatz und jedem Ausgangswert als eine Funktion erkennt. Wenn sich ein Durchfluß zu einem pulsierenden Durchfluß ändert, wird ein Gesamtdurchsatz der Ansaugluft in die Durchsatzmeßvorrichtung auf der Basis eines Ausgangswerts von dem Durchsatzmeßfühler 12 geschätzt. Anders ausgedrückt wird es bevorzugt, daß ein Gesamtdurchsatz der Ansaugluft in die Durchsatzmeßvorrichtung 1 und ein Ausgangswert des Durchsatzmeßfühlers 12 in dem Durchsatzmeßkanal 11 immer und zu jeder Zeit von im wesentlichen derselben Funktion bestimmt sind oder daß der Gesamtdurchsatz der Ansaugluft in die Durchsatzmeßvorrichtung 1 in Ströme in den Durchsatzmeßkanal 11 und an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 mit einem im wesentlichen konstanten Verhältnis in bezug sowohl auf einen konstanten Durchfluß als auch einen pulsierenden Durchfluß aufgetrennt werden.

Zur Erläuterung eines Vorteils, der durch die im abstromseitigen Ende des Durchsatzmeßkanals 11 gebildeten Schlitz 13 erhalten wird, folgt ein Vergleich zwischen einem Fall, in dem keine Schlitz 13 in dem abstromseitigen Ende des Durchsatzmeßkanals 11 ausgebildet sind, und einem Fall, in dem die Schlitz 13 in dem abstromseitigen Ende des Durchsatzmeßkanals 11 ausgebildet sind. Wie bereits gesagt wurde, zeigt Fig. 37, was für eine Bewegung in einem konstanten Durchfluß erzeugt wird, wenn in dem Durchsatzmeßkanal 11 keine Schlitz 13 gebildet sind. Die Fig. 38, 39 und 40 zeigen Durchflußarten in dem Durchsatzmeßkanal 11 jeweils bei Beschleunigung, bei Verlangsamung und beim Auftreten einer Rückströmung. Fig. 5 zeigt, was für eine Bewegung in einem konstanten Durchfluß erzeugt wird, wenn in dem Durchsatzmeßkanal 11 die Schlitz 13 ausgebildet sind. Die Fig. 6 und 7 zeigen die Durchflußarten in dem Durchsatzmeßkanal 11 mit den darin ausgebildeten Schlitz 13 jeweils bei Verlangsamung und beim Auftreten einer Rückströmung.

Als erstes wird das Strömungsverhalten eines konstanten Durchflusses in dem Durchsatzmeßkanal 11 ohne die

Schlitz 13 unter Bezugnahme auf Fig. 37 beschrieben. Da das abstromseitige Ende des Durchsatzmeßkanals 11 auf einer Ebene liegt, die zu der Längsachse 18 des Durchsatzmeßkanals 11 senkrecht ist, vereinigen sich die Strömung 23, die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegangen ist, und die Strömung 24, die die Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 passiert hat, am gleichen Ort in der Umfangsrichtung auf Koordinaten in der Strömungsrichtung. Nachdem ringförmige stabile und zyklische Wirbel 90 durch die Scherkraft erzeugt wurden, die auf eine Grenzfläche der vereinigten Strömungen wirkt, ändern sich die ringförmigen Wirbel in diskrete Wirbel 55 und kollabieren schließlich. Die ringförmigen Wirbel 90 liegen auf Ebenen, die zu der Längsachse 18 senkrecht sind, und sind stabil, da die ringförmigen Wirbel eine Kreisgestalt behalten. Mit der Abstrombewegung der ringförmigen Wirbel werden sie jedoch durch eine Störkomponente, die in der Strömung enthalten ist, zu diskreten Wirbeln 55 aufgebrochen und kollabieren schließlich.

Eine Erläuterung des Strömungsverlaufs beim Auftreten einer Beschleunigung entfällt, da eine Verengung in einer Mischzone in einer Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal verhindert, daß ein Fehler in der Durchsatzmessung entsteht, obwohl die ringförmigen Wirbel 90 ausgebildet werden.

Wenn in einer pulsierenden Strömung eine Verzögerung verursacht wird, erweitert sich die Mischzone der hinteren Strömung, so daß die diskreten Wirbel massiv werden, wie Fig. 39 zeigt. Infolgedessen nehmen die diskreten Wirbel einen großen Bereich in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals ein. Da die diskreten Wirbel die Vorwärtsbewegung der Strömung 23 blockieren, die durch den Durchsatzmeßkanal gegangen ist, nimmt die Durchflußgeschwindigkeit der Strömung 23 ab, was zu einem Fehler in der Durchsatzmessung an der Durchsatzmeßvorrichtung 1 führt.

Wenn eine Rückwärtsströmung verursacht wird, werden die diskreten Wirbel 55, die bei einer Verzögerung massiv geworden sind, auf der Rückwärtsströmung mitgenommen und in Aufstromrichtung bewegt, wobei sie in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite abgelöst werden, wie Fig. 4 zeigt. In diesem Fall erfaßt der Luftmengenmeßfühler 12 in dem Durchsatzmeßkanal 11 eine unregelmäßige Störkomponente, die durch die Wirbel ungeachtet der Hauptströmung verursacht ist, so daß ein Fehler in der Durchsatzmessung an der Durchsatzmeßvorrichtung 1 erzeugt wird.

Als nächstes wird unter Bezugnahme auf Fig. 5 die Strömungsbewegung bei einem konstanten Durchfluß in bezug auf den Durchsatzmeßkanal mit den darin ausgebildeten Schlitz 13 beschrieben. Die Strömung 23, die den Durchsatzmeßkanal 11 passiert hat, und die Strömung 24, die sich an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 entlangbewegt hat, vereinigen sich an verschiedenen Stellen in der Durchflußrichtung, weil der Durchflußmeßkanal Bereiche mit den darin ausgebildeten Schlitz 13 und Bereiche ohne solche Schlitz 13 hat. Infolgedessen nehmen die ringförmigen Wirbel 90 eine Gestalt an, wobei verschiedene Bereiche in der Durchflußrichtung verlagert sind, ohne daß sie zu einer Kreisgestalt in bezug auf die Längsachse 18 geformt werden. Solche ringförmigen Wirbel, die eine nichtkreisförmige Gestalt haben, sind instabil, werden prompt abgelöst und kollabieren schließlich als diskrete Wirbel.

Bei einer Verzögerung neigen die ringförmigen Wirbel ebenfalls zum Kollabieren wie im Fall eines konstanten Durchflusses, wobei sie prompt zu diskreten Wirbeln abgetrennt werden. Im Vergleich mit dem Nichtvorhandensein von Schlitz 13, wie das in Fig. 39 gezeigt ist, sind die diskreten Wirbel 55 weniger massiv, weil die ringförmigen Wirbel

ihre Stabilität verlieren und prompt kollabieren, bevor sie sich zu einer massiven Form entwickeln. Da das Vorsehen der Schlitze 13 den von den diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 eingenommenen Bereich verkleinert, unterliegt die Strömung 23, die den Durchsatzmeßkanal 11 durchflossen hat, kaum einer Abnahme der Durchflußgeschwindigkeit gegenüber dem Fall, in dem keine Schlitze 13 vorgesehen sind. Das bedeutet, daß die Durchsatzmeßvorrichtung einen Durchsatz korrekt messen kann, wobei eine korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal im Fall einer konstanten Strömung und einer pulsierenden Strömung ermöglicht wird, weil eine Änderung eines Ablösungsverhältnisses der Strömungen im Inneren und an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 verringert ist.

Im Fall des in Fig. 7 gezeigten Auftretens einer Rückwärtsströmung kann das Vorhandensein der Schlitze 13 eine unregelmäßige Störung verringern, die durch das Auftreffen der diskreten Wirbel 55 auf dem Durchsatzmeßfühler 12 verursacht wird, und die Durchsatzmeßvorrichtung 1 kann einen Durchsatz korrekt messen, weil die diskreten Wirbel 55, die sich in Aufstromrichtung bewegen, im Vergleich mit der Abwesenheit von Schlitzen, wie in Fig. 40 gezeigt ist, weniger massiv sind.

Wie erläutert wurde, ist die Durchsatzmeßvorrichtung 1 so eingestellt, daß ein Gesamtdurchsatz der Ansaugluft in der Durchsatzmeßvorrichtung 1 und ein Ausgangssignal des Durchsatzmeßfühlers 12 in dem Durchsatzmeßkanal 11 vorher in bezug auf einen konstanten Durchfluß überprüft werden und daß die Durchsatzmeßvorrichtung die Beziehung zwischen jedem Gesamtdurchsatz und jedem Ausgangssignal als eine Funktion erfaßt. Wenn sich ein Durchfluß von einem Konstantdurchfluß zu einem pulsierenden Durchfluß ändert, wird ein Gesamtdurchsatz der Ansaugluft in der Durchsatzmeßvorrichtung auf der Basis eines Ausgangssignals des Durchsatzmeßfühlers 12 geschätzt. Auch wenn sich ein Durchfluß zu einem pulsierenden Durchfluß ändert, kann das Vorhandensein der Schlitze 13 in dem Durchsatzmeßkanal den von den diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 eingenommenen Bereich verringern. Infolgedessen unterliegt die Strömung 23, die den Durchsatzmeßkanal 11 passiert hat, kaum einer Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit, und eine Änderung des Ablösungsverhältnisses der Strömungen 23 und 24 in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite wird sowohl bei Konstantdurchfluß als auch bei pulsierendem Durchfluß verringert. Die Durchsatzmeßvorrichtung 1 kann eine Durchflußmenge mit Hilfe der korrigierenden Wirkung, die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegeben ist, bei konstantem Durchfluß, bei pulsierendem Durchfluß und bei pulsierendem Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung korrekt messen, da die sich in Aufstromrichtung bewegenden diskreten Wirbel 55 beim Auftreten einer Rückströmung weniger massiv werden können. Das bedeutet, daß die Durchsatzmeßvorrichtung gemäß der Erfindung sich für einen pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung in gewissem Maß eignet, und zwar speziell für ein Ansaugsystem einer Kraftfahrzeug-Brennkraftmaschine.

Als nächstes werden die geometrische Gestalt und die Anordnung der Schlitze 13 erläutert.

Die ringförmigen Wirbel 90, die aus dem Luftstrom hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden, können zwangsweise, zuverlässig und rasch in Abschnitte aufgetrennt werden durch das Vorsehen der Vielzahl von Schlitzen 13 in dem Durchsatzmeßkanal 11 in der Umfangsrichtung in bezug auf die Längsachse 18. Die abgelösten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel. Diese

Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern kann auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömungen in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite bei konstantem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß verringern. Selbst wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern vermindert auch einen Fehler in der Durchsatzmessung bei einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß sowie einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung.

Die ringförmigen Wirbel, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden, können in Abschnitten in gleichen Abständen in bezug auf die Längsachse 18 des Durchsatzmeßkanals 11 aufgetrennt werden durch das Vorhandensein der Vielzahl von Schlitzen 13 in dem Durchsatzmeßkanal 11 in gleichen Abständen in der Umfangsrichtung in bezug auf die Längsachse 18. Somit kann die Größe der abgelösten ringförmigen Wirbel minimiert werden. Die abgelösten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern vermindert auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite bei konstantem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß. Selbst wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern kann auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung in einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung vermindern.

Da das Vorsehen einer ungeraden Anzahl der Schlitze 13 in dem Durchsatzmeßkanal 11 in gleichen Abständen in der Umfangsrichtung in bezug auf die Längsachse 18 die Symmetrie der ringförmigen Wirbel 90 stört, die sich aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 bilden, werden die ringförmigen Wirbel instabil. Die Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern vermindert auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite bei konstantem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß. Selbst wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern kann auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung in einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung vermindern.

Die Auftrennbreite der ringförmigen Wirbel 90, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden kann in jedem der Schlitze 13 gleich gemacht werden, da die Vielzahl von Schlitzen 13 mit kongruenter Gestalt in dem Durchsatzmeßkanal 11 in der Umfangsrichtung in bezug auf die Längsachse 18 vorgesehen ist. Die getrennten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete

Wirbel 55. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern vermindert auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite bei konstantem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß. Selbst wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern kann auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung in einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung vermindern.

Wenn die Schlitze 13 eine Gestalt haben, die in bezug auf eine mit der Hauptströmung parallele Achse symmetrisch ist, beispielsweise die Gestalt eines gleichschenkligen Dreiecks haben, werden die ringförmigen Wirbel 90 achssymmetrisch in bezug auf die Achse gekrümmt, um die gegenseitige Störung zu verstärken. Die Wirbel kollabieren prompt als diskrete Wirbel 55. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern vermindert auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite bei konstantem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß. Selbst wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern kann auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung bei einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung vermindern.

Wenn die Schlitze eine Breite haben, die sich in der Abstromrichtung des Durchsatzmeßkanals 11 allmählich erweitert, können die ringförmigen Wirbel 90, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden, zuverlässig in Abschnitte aufgetrennt werden, da die Trennung in der Durchflußrichtung gleichmäßig stattfindet. Die getrennten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern vermindert auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite bei konstantem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß. Selbst wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern kann auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung bei einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung vermindern.

Wenn der Durchsatzmeßkanal 11 ein gerundetes abstromseitiges Ende ähnlich dem aufstromseitigen Ende hat, kann das Auftreten der Ablösung im Bereich des abstromseitigen Endes des Durchsatzmeßkanals 11 beim Auftreten einer Rückwärtsströmung minimiert werden. Die Ausbildung des gerundeten abstromseitigen Endes kann mit geringen Kosten erfolgen, wenn der Kanal beispielsweise aus Kunstharz besteht.

Wenn der Durchsatzmeßkanal 11 an einem Bereich, in dem die Schlitze 13 ausgebildet sind, eine Wandstärke hat,

die in der Abstromrichtung abnimmt, vereinigen sich die Strömung 24 entlang der Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 und die Strömung 23 durch den Durchsatzmeßkanal gleichmäßig und vermischen sich in der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 kräftig. Die ringförmigen Wirbel können als kleinere diskrete Wirbel 55 kollabieren. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern vermindert auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite bei konstantem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß. Selbst wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern kann auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung bei einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung vermindern.

Um die diskreten Wirbel 55 von der Innenseite des Durchsatzmeßkanals 11 nach außen zu saugen, indem eine Trennzone 56 möglichst weit außen erzeugt wird, während die beiden Ströme gleichmäßig vereinigt werden, kann der Durchsatzmeßkanal an einem Bereich davon, in dem die Schlitze 13 gebildet sind, einen Außendurchmesser haben, der in der Abstromrichtung abnimmt, so daß der Bereich einen bestimmten Neigungswinkel 35 in bezug auf den Außendurchmesser eines zentralen Bereichs des Kanals hat, wie als vergrößerte Darstellung des wesentlichen Bereichs in Fig. 8 gezeigt ist. Der Neigungswinkel kann zwar beliebig gewählt sein, bevorzugt wird aber der Neigungswinkel so vorgegeben, daß eine Trennung in einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß leicht erzeugt wird. Im Fall eines konstanten Durchflusses ist der Neigungswinkel im allgemeinen nicht wesentlich kleiner als 10° und ist kleiner als 90°.

Bei einer solchen Anordnung löst sich die Strömung 24, die zwischen der Außenwand des Durchsatzmeßkanals 11 und der Innenwand des Hauptströmungskanals 10 fließt, von einem in bezug auf den Außendurchmesser abnehmenden Bereich des Durchsatzmeßkanals 11, um die Trennzone 56 bei einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß zu bilden, wie Fig. 8 zeigt. Die Trennzone 56 wird im Bereich der Schlitze 13 gebildet und hat negativen Druck. Die Ströme 23 und 24 in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an seiner Außenseite können sich gleichmäßig vereinigen und kräftig vermischen, weil der Bereich des Kanals mit den darin ausgebildeten Schlitzen 13 die verringerte Wandstärke in der Abstromrichtung hat. Die an den Schlitzen 13 in dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugten diskreten Wirbel werden abgesaugt, indem sie auf einer Strömung von der Innenseite zur Außenseite durch die Schlitze 13 mitgenommen werden, und kollabieren als diskrete Wirbel 55, während sie sich in Abstromrichtung bewegen.

Da der Außendurchmesser des Durchsatzmeßkanals 11 an dem Bereich mit den darin gebildeten Schlitzen 13 wie erläutert in Abstromrichtung kleiner wird, vereinigen sich die Strömung 24, die an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals entlangströmt, und die Strömung 23, die den Durchsatzmeßkanal durchsetzt, gleichmäßig. Die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal erzeugten ringförmigen Wirbel 90 können durch die sich vereinigenden Ströme von innen nach außen abgesaugt werden. Der von den abgelösten diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 eingenommene Bereich wird verringert, weil sich die abgelösten diskreten Wirbel

außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 bewegen. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern vermindert auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite bei konstantem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß. Selbst wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern kann auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung in einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung vermindern.

Der Durchsatzmeßkanal 11 ist zwar bei dieser Ausführungsform zylindrisch ausgebildet, aber der Durchsatzmeßkanal kann verschiedene Gestalt haben wie etwa eine ovale Gestalt, eine Dreiecksgestalt, eine quadratische Gestalt oder eine trapezförmige Gestalt im Schnitt senkrecht zu der Längsachse des Kanals, was gleichartige Effekte bietet. Das gilt auch für jede der folgenden Ausführungsformen.

Die Anzahl der Schlitze 13 ist bei dieser Ausführungsform fünf, aber eine größere Anzahl Schlitze 13 kann größere Wirkung bei der Ablösung der Wirbel bieten.

Diese Ausführungsform ist wirksam zur Messung der Saugluftdurchflußmenge für Kraftfahrzeuge, aber auch zur Durchsatzmessung von Fluideinrichtungen allgemein, speziell für ein Fluid, das eine pulsierende Strömung enthält. Das gilt auch für jede der folgenden Ausführungsformen.

AUSFÜHRUNGSFORM 2

Fig. 9 zeigt schematisch einen wesentlichen Bereich des Durchsatzmeßkanals 11 gemäß einer zweiten Ausführungsform, wobei die Funktion des Kanals zu sehen ist. Wie Fig. 9 zeigt, kann ein Innendurchmesser des Durchsatzmeßkanals 11 in der Abstromrichtung größer sein, um in der Abstromrichtung die Wandstärke des Kanals 11 mit den darin ausgebildeten Schlitzen 13 zu verringern. Die Strömung, die die Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 passiert hat, und die Strömung, die das Innere des Durchsatzmeßkanals 11 passiert hat, vereinigen sich gleichmäßig, wenn der Durchfluß in Vorwärtsrichtung gerichtet ist. Die ringförmigen Wirbel 90, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden, können in diskrete Wirbel 55 getrennt werden. Wenn der Durchfluß eine Rückwärtsströmung enthält, kann die Verengung des Durchsatzmeßkanals 11 Turbulenzen verringern. Ein Neigungswinkel 36 ist bevorzugt ein Winkel, um eine Ablösung zu vermeiden, und zwar deshalb, weil die ringförmigen Wirbel 90, die in einem Konstantdurchfluß und einem pulsierenden Durchfluß eine Ablösung erzeugen, von außen in das Innere des Durchsatzmeßkanals 11 gesaugt werden und weil der von den diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals eingenommene Bereich größer wird. Im allgemeinen ist der Winkel, der eine Trennung erschwert, wesentlich größer als 0° und nicht kleiner als 10° .

Die Anordnung gemäß dieser Ausführungsform kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern kann auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an seiner Außenseite bei einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß verringern. Auch wenn eine Rückwärtsströmung erzeugt wird, kann diese Anordnung einen Fehler bei der Durchsatzmessung durch einen Kontraktionseffekt vermindern.

Bei der in Fig. 2 gezeigten Anordnung werden sowohl eine allmähliche Abnahme des Außendurchmessers als auch eine allmähliche Zunahme des Innendurchmessers angewandt, um in der Abstromrichtung die Wandstärke des Durchsatzmeßkanals 11 mit den darin ausgebildeten Schlitzen 13 zu verringern.

AUSFÜHRUNGSFORM 3

Die Fig. 10 bis 12 zeigen den Durchsatzmeßkanal gemäß einer dritten Ausführungsform, wobei die Funktion des Kanals gezeigt ist. Diese Ausführungsform schlägt eine Anordnung vor, um die durch die Schlitze 13 gebotenen Auswirkungen weiter zu verbessern. In diesen Figuren bezeichnet 43 einen ringförmigen Vorsprung, der an der Außenwand des Durchsatzmeßkanals 11 an der Aufstromseite der Schlitze 13 so vorgesehen ist, daß er die Längsachse 18 des Durchsatzmeßkanals 11 in der Umfangsrichtung umschließt. Die Höhe des Vorsprungs 43 von der Außenwand des Durchsatzmeßkanals 11 ist über den Gesamtumfang im wesentlichen gleich.

Nachstehend wird die Funktion dieser Anordnung erläutert. Vor der Erläuterung der Funktion in einer pulsierenden Strömung wird die Funktion in einer konstanten Strömung erläutert. Gemäß Fig. 10 wird die Trennzone 56 in der Nachströmung hinter dem Vorsprung 43 erzeugt. Da die Trennzone 56 einen Unterdruck erzeugt, wird die Strömung 23, die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegangen ist, von innen durch die Schlitze nach außen gesaugt und vereinigt sich mit der Strömung 24 an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11. Im Vergleich mit dem Nichtvorhandensein der Schlitze 13 oder dem Vorhandensein der Schlitze 13 ohne den Vorsprung 43 kollabieren die vereinigten Ströme direkt zu den diskreten Wirbeln 55, ohne daß die ringförmigen Wirbel 90 erzeugt werden. Die diskreten Wirbel 55 bewegen sich in Abstromrichtung und werden zu einer äußeren Umfangsrichtung hin abgelenkt.

Durch die Bereitstellung des Vorsprungs kann der Bereich, den die diskreten Wirbel 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 einnehmen, im Vergleich mit der Abwesenheit der Schlitze 13 oder dem Vorhandensein der Schlitze 13 ohne den Vorsprung 43 verringert werden, wodurch eine Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit der Strömung, die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegangen ist, minimiert wird.

Nachstehend wird die Funktion im Fall eines pulsierenden Durchflusses bei einer Verlangsamung erläutert, wobei auf Fig. 11 Bezug genommen wird. Bei einer Verlangsamung des Durchflusses weitet sich die Trennzone 56 in der Nachströmung hinter dem Vorsprung 43 aus. Da die Kraft zum Herausaugen der Strömung von innen nach außen in der Trennzone im Vergleich mit dem Fall eines konstanten Durchflusses zunimmt, bewegen sich die diskreten Wirbel in Abstromrichtung, wobei sie zu der äußeren Umfangsrichtung hin abgelenkt werden.

Durch die Bereitstellung des Vorsprungs kann der von den diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 eingenommene Bereich gegenüber der Abwesenheit der Schlitze 13 oder dem Vorhandensein der Schlitze 13 ohne den Vorsprung 43 verringert werden, wodurch eine Abnahme der Durchflußgeschwindigkeit der Strömung, die den Durchsatzmeßkanal 11 durchsetzt hat, minimiert wird. Da diese Anordnung eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen in dem Durchsatzmeßkanal 11 und an dessen Außenseite im Fall eines konstanten Durchflusses und eines pulsierenden Durchflusses verringern kann, kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 eine Durchflußmenge korrekt messen, da der Durchsatz-

meßkanal 11 die korrigierende Wirkung bietet.

Nachstehend wird die Funktion im Fall einer Rückwärtsströmung erläutert, wobei auf Fig. 12 Bezug genommen wird. Da die diskreten Wirbel 55 durch die massive Trennzone 56 während der Verlangsamung des Durchflusses, wie erläutert, von innen zur Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 gesaugt werden, bewegen sich die meisten der diskreten Wirbel 55 außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 in Aufstromrichtung, wenn die Rückwärtsströmung beginnt. Das bedeutet, daß die diskreten Wirbel 55 daran gehindert werden, in den Durchsatzmeßkanal 11 zu gelangen, so daß eine Kollision der Wirbel an dem Durchsatzmeßfühler 12 vermieden und bei der Durchsatzmessung kein durch die Kollision der Wirbel verursachter Meßfehler erzeugt wird.

Die Durchsatzmeßvorrichtung 1 kann eine Durchflußmenge korrekt messen, weil ein Meßfehler an dem im Durchsatzmeßkanal 11 angeordneten Durchsatzmeßfühler herabgesetzt wird.

Fig. 13 zeigt die Daten der Saugluftmenge, die an einem Vierzylindermotor mit einem Hubraum von 2000 cm³ bei 2000 U/min tatsächlich gemessen wurden. Dabei bezeichnet 64 einen idealen Durchsatz, der unter der Annahme erhalten wird, daß die Durchflußmengen der Ansaugluft in den Motor eine lineare Beziehung zu negativen Ansaugluftdrücken haben. 61 bezeichnet die Durchsätze, die an dem herkömmlichen Durchsatzmeßkanal 11 ohne die Schlitze 13 tatsächlich gemessen wurden. 62 bezeichnet die Durchsätze, die an dem Durchsatzmeßkanal 11 mit den Schlitzen 13 gemäß der ersten Ausführungsform tatsächlich gemessen wurden. 63 bezeichnet die Durchsätze, die an dem Durchsatzmeßkanal mit den Schlitzen 13 und dem Vorsprung 43 gemäß der dritten Ausführungsform tatsächlich gemessen wurden. Die Daten zeigen, daß die Durchsätze in dem Kanal mit den Schlitzen 13 näher an den idealen Durchsätzen 64 liegen als diejenigen in dem Kanal ohne die Schlitze 13 und daß die Durchsätze in dem Kanal mit den Schlitzen 13 und dem Vorsprung 43 viel näher an den idealen Durchsätzen 64 liegen als diejenigen in dem Kanal ohne die Schlitze 13.

Wie erläutert wurde, ist die Durchsatzmeßvorrichtung 1 so eingestellt, daß die Gesamtdurchflußmenge der Ansaugluft in der Durchsatzmeßvorrichtung 1 und ein Ausgangswert des Durchsatzmeßfühlers 12 in dem Durchsatzmeßkanal 11 in bezug auf einen Konstantdurchfluß vorher überprüft werden und die Durchsatzmeßvorrichtung die Beziehung zwischen jeder Gesamtdurchflußmenge und jedem Ausgangswert als eine Funktion erfaßt. Wenn sich ein Durchfluß zu einem pulsierenden Durchfluß ändert, wird eine Gesamtdurchflußmenge der Ansaugluft in der Durchsatzmeßvorrichtung auf der Basis eines Ausgangssignals vom Durchsatzmeßfühler 12 geschätzt. Durch das Vorsehen der Schlitze 13 und des Vorsprungs 43 kann der Bereich, den die diskreten Wirbel 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 einnehmen, verringert werden, wodurch eine Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit in der durch den Durchsatzmeßkanal 11 gehenden Strömung auch dann minimiert wird, wenn sich der Durchfluß von einem Konstantdurchfluß zu einem pulsierenden Durchfluß ändert. Eine Änderung eines Ablösungsverhältnisses zwischen der Strömung 23 durch den Durchsatzmeßkanal 11 und der Strömung 24 entlang der, Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 kann bei einem Konstantdurchfluß und einem pulsierenden Durchfluß verringert werden. Auch wenn die diskreten Wirbel sich durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren und bewirken, daß die diskreten Wirbel sich entlang der Außenseite des Kanals bewegen. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung eine Durchflußmenge richtig messen und bietet die Korrek-

turwirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bei einem Konstantdurchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung. Das bedeutet, daß die Durchsatzmeßvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform für einen pulsierenden Durchfluß mit einer gewissen darin enthaltenen Rückwärtsströmung geeignet ist, und zwar speziell für ein Ansaugsystem einer Brennkraftmaschine für Kraftfahrzeuge.

Bei der vorliegenden Ausführungsform sind zwar fünf Schlitze 13 vorgesehen, aber eine größere Anzahl von Schlitzen 13 kann eine größere Wirkung bei der Ablösung der Wirbel ergeben.

Wenn der Bereich des Kanals, in dem die Schlitze 13 ausgebildet sind, so geformt ist, daß ein Rand 16 eine allmähliche Abnahme der Wandstärke in Abstromrichtung hat, ist der Rand wirksam, um die Strömungen im Inneren und an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 gleichmäßig zu vereinigen.

AUSFÜHRUNGSFORM 4

Fig. 14 ist eine Perspektivansicht des Durchsatzmeßkanals gemäß einer vierten Ausführungsform. Dabei bezeichnet 44 einen von diskontinuierlichen Vorsprüngen, die an der Außenwand des Durchsatzmeßkanals 11 aufstromseitig von den Schlitzen 13 vorgesehen sind und in der Umfangsrichtung in bezug auf die Längsachse 18 des Durchsatzmeßkanals 11 liegen. Die diskontinuierlichen Vorsprünge 44, die als Vorsprünge vorgesehen sind, die in der Umfangsrichtung in bezug auf die Längsachse 18 des Durchsatzmeßkanals 11 dieser Ausführungsform geschnitten vorgesehen sind, können ähnliche Wirkungen wie der ringförmige Vorsprung 43 der dritten Ausführungsform bieten.

Die diskontinuierlichen Vorsprünge können verschieden geformt sein, um die Trennzone 56 hinter dem Kanal zu erzeugen, beispielsweise können sie Dreieckspyramidenform, Kreiskegelform und Quaderform haben. Es gibt keine Einschränkung hinsichtlich einer Kombination von Formen, Anzahl und Größe der diskontinuierlichen Vorsprünge.

AUSFÜHRUNGSFORM 5

Fig. 15 zeigt eine Perspektivansicht des Durchsatzmeßkanals gemäß einer fünften Ausführungsform. Obwohl das Schlitzverhältnis oder das Verhältnis der geschlitzten Bereiche zu der Gesamtlänge in der Umfangsrichtung am abstromseitigen Ende des Durchsatzmeßkanals 11 in den jeweiligen Ausführungsformen 100% ist, kann selbst diese Ausführungsform mit einem Schlitzverhältnis von 50% ähnliche Wirkungen wie die jeweiligen Ausführungsformen bieten, weil die Trennung der ringförmigen Wirbel 90 und die Aufteilung in die diskreten Wirbel 55 ebenso erfolgt.

Das Schlitzverhältnis ist nicht auf dasjenige dieser Ausführungsform beschränkt, und es kann beliebig gewählt werden.

AUSFÜHRUNGSFORM 6

Es wird nun eine andere Anordnung des Durchsatzmeßkanals 11 beschrieben, der Auswirkungen bieten kann, die dem Vorsehen der Schlitze 13 ähnlich sind.

Die Fig. 16 bis 18 zeigen den Durchsatzmeßkanal gemäß einer sechsten Ausführungsform, wobei die Funktion des Kanals zu sehen ist.

Dabei bezeichnet 45 eines von Durchgangslöchern 45, die in dem Durchsatzmeßkanal 11 in der Nähe des abstromseitigen Endes in der Normaldurchflußrichtung 14 gebildet

sind und die Kanalwand durchsetzen. Bei dieser Ausführungsform sind die Durchgangslöcher 45 in drei Reihen in der Durchflußrichtung 14 angeordnet und an fünf Stellen in gleichen Abständen in der Umfangsrichtung in bezug auf die Längsachse 18 des Durchsatzmeßkanals 11 in den jeweiligen Reihen vorgesehen. Die Durchgangslöcher 45 in denselben Reihen sind in der Umfangsrichtung kongruent oder mit gleicher Gestalt und gleicher Größe ausgebildet. Die Durchgangslöcher 45 in einer abstromseitigen Reihe haben einen Öffnungsquerschnitt, der im Vergleich mit den Durchgangslöchern in einer aufstromseitigen Reihe in der Durchflußrichtung 14 vergrößert ist, und die Mitten der Durchgangslöcher 45 in derselben Linie in der Durchflußrichtung sind entlang der Durchflußrichtung 14 miteinander ausgefluchtet.

Bevor die Funktion des Kanals in einem pulsierenden Durchfluß erläutert wird, wird unter Bezugnahme auf Fig. 16 die Funktion des Kanals in einem konstanten Durchfluß erläutert. Ebenso wie beim Vorhandensein der Schlitze 13 nach der ersten Ausführungsform vermischen sich der Strom 24, der die Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 passiert hat, und der durch den Durchsatzmeßkanal 11 gehende Strom 23 und werden instabil, wenn sie die Wand mit der Vielzahl von Durchgangslöchern 45, die allmählich größer werdende Querschnittsflächen haben, passieren. Infolgedessen nehmen die ringförmigen Wirbel 90 ebenso wie beim Vorhandensein der Schlitze 13 eine Gestalt an, deren unterschiedliche Bereiche in der Durchflußrichtung verschoben sind, ohne daß sie in bezug auf die Längsachse 18 Kreisform annehmen. Diese ringförmigen Wirbel mit Nichtkreisgestalt sind instabil und werden prompt getrennt und kollabieren schließlich zu diskreten Wirbeln 55.

Da das Vorsehen der Durchgangslöcher 45 den von den diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 eingenommenen Bereich verringert, unterliegt die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegangene Strömung 23 kaum einer Abnahme der Durchflußgeschwindigkeit im Vergleich mit der Abwesenheit der Durchgangslöcher 45. Das bedeutet, daß die Durchsatzmeßvorrichtung eine Durchflußmenge korrekt messen kann, wobei der Durchsatzmeßkanal 11 bei einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß eine korrigierende Wirkung bietet, da eine Änderung des Ablösungsverhältnisses der Ströme innerhalb und außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 reduziert wird.

Als nächstes wird die Funktion des Kanals bei pulsierendem Durchfluß im Fall einer Verlangsamung erläutert, wobei auf Fig. 17 Bezug genommen wird. Auch bei einer Verlangsamung werden die ringförmigen Wirbel prompt getrennt, und es werden diskrete Wirbel 55 erzeugt, weil die ringförmigen Wirbel ebenso wie bei einem konstanten Durchfluß zum Kollabieren neigen. Gegenüber der Abwesenheit der Durchgangslöcher, wie in Fig. 39 gezeigt ist, sind die diskreten Wirbel 55 weniger massiv, da die ringförmigen Wirbel an Stabilität verlieren und prompt kollabieren, bevor sie eine massive Form ausbilden.

Da das Vorsehen der Durchgangslöcher 45 den von den diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 eingenommenen Bereich verringern, unterliegt die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gehende Strömung 23 kaum einer Abnahme der Durchflußgeschwindigkeit im Vergleich mit der Abwesenheit der Durchgangslöcher 45. Das heißt, daß die Durchsatzmeßvorrichtung 1 eine Durchflußmenge korrekt messen kann, wobei der Durchsatzmeßkanal 11 bei konstantem Durchfluß und bei pulsierendem Durchfluß eine korrigierende Wirkung bietet, weil eine Änderung des Ablösungsverhältnisses der Strömungen innerhalb und außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 verrin-

gert wird.

Im Fall des in Fig. 18 gezeigten Auftretens einer Rückwärtsströmung kann das Vorhandensein der Durchgangslöcher 45 die Größe der diskreten Wirbel 55, die sich in Aufstromrichtung bewegen, im Vergleich mit der Abwesenheit der Durchgangslöcher entsprechend Fig. 40 verringern. Infolgedessen kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 eine Durchflußmenge korrekt messen, da die unregelmäßige Störung vermindert wird, die auftritt, wenn die diskreten Wirbel 55 mit dem Durchsatzmeßfühler 12 kollidieren.

Wie erläutert wurde, ist die Durchsatzmeßvorrichtung 1 im allgemeinen so eingestellt, daß eine Gesamtdurchflußmenge der Ansaugluft in die Durchsatzmeßvorrichtung 1 und ein Ausgangswert des Durchsatzmeßfühlers 1 in dem Durchsatzmeßkanal 11 in bezug auf einen konstanten Durchfluß vorher überprüft werden und daß die Durchsatzmeßvorrichtung die Beziehung zwischen jeder Gesamtdurchflußmenge und jedem Ausgangswert als eine Funktion erfaßt. Wenn sich ein Durchfluß von einem Konstantdurchfluß zu einem pulsierenden Durchfluß ändert, wird eine Gesamtdurchflußmenge der Ansaugluft in die Durchsatzmeßvorrichtung 1 auf der Basis eines Ausgangssignals vom Durchsatzmeßfühler 12 geschätzt. Durch das Vorsehen der Durchgangslöcher 45 kann der von den diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 eingenommene Bereich verringert werden, wodurch eine Abnahme der Durchflußgeschwindigkeit der Strömung 23 durch den Durchsatzmeßkanal 11 auch dann, wenn sich der Durchfluß zu einem pulsierenden Durchfluß ändert, minimiert wird. Diese Anordnung kann eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen der Strömung 23, die durch den Durchflußmeßkanal 11 gegangen ist, und der Strömung 24, die die Außenseite des Durchflußmeßkanals 11 passiert hat, vermindern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel 55 minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung aufgrund des Durchsatzmeßkanals 11 bieten, sondern auch eine Durchflußmenge bei konstantem Durchfluß, bei pulsierendem Durchfluß und bei einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung korrekt messen. Das heißt, daß die Durchsatzmeßvorrichtung dieser Ausführungsform für einen pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung in gewissem Umfang geeignet ist, und zwar speziell für ein Ansaugsystem einer Brennkraftmaschine für ein Kraftfahrzeug.

Nachstehend werden die geometrische Gestalt und die Anordnung der Durchgangslöcher 45 beschrieben.

Die ringförmigen Wirbel 90, die von der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden, können durch das Vorsehen der Vielzahl von Durchgangslöchern 45 in der Umfangsrichtung in bezug auf die Längsachse 18 des Durchsatzmeßkanals 11 zwangsweise in Abschnitte getrennt werden. Die getrennten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen im Inneren und außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 bei konstantem Durchfluß und bei pulsierendem Durchfluß vermindern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung aufgrund des Durchsatzmeßkanals 11 bieten, sondern auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung im Fall von konstantem Durchfluß, pulsierendem Durchfluß

und pulsierendem Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung verringern.

Durch das Vorsehen der Durchgangslöcher 45 in gleichen Abständen in der Umfangsrichtung in bezug auf die Längsachse 18 des Durchsatzmeßkanals 11 können die ringförmigen Wirbel 90, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden, in Abschnitte in gleichen Abständen in bezug auf die Längsachse 18 des Durchsatzmeßkanals getrennt werden, um so die Größe der getrennten ringförmigen Wirbel 90 zu minimieren. Die getrennten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel 55. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen im Inneren und außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 bei konstantem Durchfluß und bei pulsierendem Durchfluß vermindern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung aufgrund des Durchsatzmeßkanals 11 bieten, sondern auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung im Fall von konstantem Durchfluß, pulsierendem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung verringern.

Die Durchgangslöcher 45 können an einer ungeraden Anzahl von Stellen und in gleichen Abständen in der Umfangsrichtung in bezug auf die Längsachse 18 des Durchsatzmeßkanals 11 vorgesehene sein. In diesem Fall werden die ringförmigen Wirbel 90, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden, durch Störung ihrer Symmetrie instabil gemacht. Die Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel 55. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen im Inneren und außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 bei konstantem Durchfluß und bei pulsierendem Durchfluß vermindern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung aufgrund des Durchsatzmeßkanals 11 bieten, sondern auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung im Fall von konstantem Durchfluß, pulsierendem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung verringern.

Die ringförmigen Wirbel 90, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden, können zuverlässig in Abschnitte getrennt werden, weil die Trennung in der Durchflußrichtung aufgrund des Vorsehens der Durchgangslöcher 45 in einer Vielzahl von Reihen in Durchflußrichtung in dem Durchsatzmeßkanal 11 gleichmäßig erfolgt. Die getrennten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel 55. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen im Inneren und außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 bei konstantem Durchfluß und bei pulsierendem Durchfluß vermindern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung aufgrund des Durchsatzmeßkanals 11 bieten, sondern auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung im Fall von konstantem Durchfluß, pulsierendem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß mit einer darin

enthaltenen Rückströmung verringern.

Da die Mitten der Durchgangslöcher 45 auf derselben Linie in der Durchflußrichtung im wesentlichen ausgefluchtet sind, können sich die Ströme innerhalb und außerhalb des Durchsatzmeßkanals aufeinanderfolgend vereinigen. Infolgedessen können die ringförmigen Wirbel 90, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden, zuverlässig in Abschnitte getrennt werden, da die Trennung in der Strömungsrichtung gleichmäßig erfolgt. Die getrennten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel 55. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen im Inneren und außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 bei konstantem Durchfluß und bei pulsierendem Durchfluß vermindern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung aufgrund des Durchsatzmeßkanals 11 bieten, sondern auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung im Fall von konstantem Durchfluß, pulsierendem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung verringern.

Die Durchgangslöcher 45 sind so vorgesehen, daß die Durchgangslöcher 45 in einer Abstromseite des Durchsatzmeßkanals 11 einen größeren Öffnungsquerschnitt als die Durchgangslöcher in einer Aufstromseite desselben haben. Infolgedessen können die ringförmigen Wirbel 90, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden, zuverlässig in Abschnitte getrennt werden, da die Trennung in der Strömungsrichtung gleichmäßig erfolgt. Die getrennten Wirbel kollabieren prompt als kleinere und diskrete Wirbel 55. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen im Inneren und außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 bei konstantem Durchfluß und bei pulsierendem Durchfluß vermindern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung aufgrund des Durchsatzmeßkanals 11 bieten, sondern auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung im Fall von konstantem Durchfluß, pulsierendem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung verringern.

Die Wandstärke der Wand des Durchsatzmeßkanals 11, in der die Durchgangslöcher 45 ausgebildet sind, kann in der Abstromrichtung allmählich geringer werden. Die Strömung 24, die die Außenseite des Durchsatzmeßkanals passiert, und die Strömung 23, die durch den Durchsatzmeßkanal gegangen ist, vereinigen sich gleichmäßig und vermischen sich in der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11. Die ringförmigen Wirbel 90 können prompt als kleinere und diskrete Wirbel 55 kollabieren. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen im Inneren und außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 bei konstantem Durchfluß und bei pulsierendem Durchfluß vermindern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung aufgrund des Durchsatzmeß-

kanals 11 bieten, sondern auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung im Fall von konstantem Durchfluß, pulsierendem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung verringern.

Der Bereich des Durchsatzmeßkanals 11, in dem die Durchgangslöcher 45 ausgebildet sind, kann eine in Abstromrichtung allmählich abnehmende Wandstärke haben. In diesem Fall sind die Durchgangslöcher 45 in einem Bereich des Durchsatzmeßkanals 11 vorgesehen, dessen Außendurchmesser in der Abstromrichtung allmählich kleiner wird, wie das bei einer Betriebsart der ersten Ausführungsform gemäß Fig. 8 der Fall ist. Infolgedessen erfolgt eine gleichmäßige Vereinigung der Strömung 24, die die Außenseite des Durchsatzmeßkanals passiert hat, und der Strömung 23, die das Innere des Durchsatzmeßkanals passiert hat. Außerdem können die ringförmigen Wirbel 90, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden, durch die vereinigten Strömungen von innen nach außen gesaugt werden. Der von den getrennten diskreten Wirbeln 55 am Auslaß des Durchsatzmeßkanals eingenommene Bereich wird verringert, da sich der größte Teil der getrennten diskreten Wirbel zur Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 bewegt. Diese Anordnung kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen im Inneren und außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 bei konstantem Durchfluß und bei pulsierendem Durchfluß vermindern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 nicht nur die korrigierende Wirkung aufgrund des Durchsatzmeßkanals 11 bieten, sondern auch einen Fehler bei der Durchsatzmessung im Fall von konstantem Durchfluß, pulsierendem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückströmung verringern.

Um zu erreichen, daß der Bereich des Durchsatzmeßkanals 11, in dem die Durchgangslöcher 45 ausgebildet sind, eine in der Abstromrichtung allmählich abnehmende Wandstärke hat, kann der Durchsatzmeßkanal 11 an diesem Bereich einen Innendurchmesser haben, der sich in der Abstromrichtung ebenso wie bei der zweiten Ausführungsform gemäß Fig. 9 erweitert. In diesem Fall erfolgt eine gleichmäßige Vereinigung der Strömung, die die Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 passiert hat, und der Strömung, die das Innere des Durchsatzmeßkanals 11 passiert hat, wenn der Durchfluß in Vorwärtsrichtung erfolgt. Die ringförmigen Wirbel 90, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden, können in diskrete Wirbel 55 aufgetrennt werden. Wenn der Durchfluß in der Rückwärtsrichtung erfolgt, kann die Verengung des Durchsatzmeßkanals 11 die Turbulenzen verringern.

Diese Anordnung kann also nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern kann auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömungen im Inneren und an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 bei einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mindern. Selbst dann, wenn eine Rückwärtsströmung erzeugt wird, kann diese Anordnung einen Fehler bei der Durchflußmengenmessung aufgrund eines Kontraktionseffekts verringern.

Es wird bevorzugt, daß der Neigungswinkel 36 derart ist, daß eine Ablösung vermieden wird, weil die ringförmigen Wirbel 90, die bei konstantem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß eine Ablösung erzeugen, von der Außenseite in das Innere des Durchsatzmeßkanals 11 gesaugt werden und weil der von den diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Aus-

lasses des Durchsatzmeßkanals bei beiden Durchflußarten eingenommene Bereich größer wird. Im Fall eines Konstantdurchflusses ist der Winkel, der das Auftreten einer Ablösung erschwert, im allgemeinen im wesentlichen größer als 0° und nicht größer als 10°.

Fünf der Durchgangslöcher 45 sind zwar bei der vorliegenden Ausführungsform in den jeweiligen Reihen in der Umfangsrichtung relativ zu der Längsachse des Durchsatzmeßkanals 11 vorgesehen, aber die Erfindung ist nicht auf diese Anordnung beschränkt.

Eine größere Anzahl Durchgangsöffnungen 45 kann eine größere Wirkung bei der Trennung der Wirbel bieten.

Diese Ausführungsform wurde zwar unter Bezugnahme auf den Fall erläutert, daß die Durchgangslöcher 45 in drei Reihen in der Durchflußrichtung vorgesehen sind, aber die Erfindung ist nicht auf diese Anordnung beschränkt. Eine größere Anzahl Reihen wird in bezug auf die Vereinigung zwischen den Strömungen 23 und 24 bevorzugt, die das Innere und die Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 passiert haben.

Die Form der Durchgangslöcher 45 ist nicht auf Kreisform beschränkt. Die Durchgangslöcher können verschiedene Formen haben.

AUSFÜHRUNGSFORM 7

Fig. 19 ist eine Perspektivansicht des Durchsatzmeßkanals gemäß einer siebten Ausführungsform. Dabei kann die durch die Durchgangslöcher 45 erzielte Wirkung weiter verbessert werden. Der Vorsprung 43 ist an einer Außenwand des Durchsatzmeßkanals 11 aufstromseitig von den Durchgangslöchern 45 ausgebildet, um eine abrupte Änderung der Wandstärke des Kanals 11 zu bewirken. Wenn sich also der Durchfluß von einem Konstantdurchfluß zu einem pulsierenden Durchfluß ändert, unterliegt die Strömung 23, die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegangen ist, kaum einer Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit, weil durch das Vorsehen des Vorsprungs der von den diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 eingenommene Bereich verringert wird, wie unter Bezugnahme auf die Schlitz 13 und den Vorsprung 43 gemäß der dritten Ausführungsform erläutert wurde. Somit kann eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen der Strömung 23, die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegangen ist, und der Strömung 24, die die Außenseite des Kanals passiert hat, im Fall eines konstanten Durchflusses und eines pulsierenden Durchflusses verringert werden. Auch wenn sich die diskreten Wirbel 55 durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel 55 minimieren und bewirken, daß die diskreten Wirbel die Außenseite des Kanals passieren. Die Durchsatzmeßvorrichtung 1 kann nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern kann auch eine Durchflußmenge bei konstantem Durchfluß, bei pulsierendem Durchfluß und bei pulsierendem Durchfluß mit darin enthaltener Rückwärtsströmung richtig messen. Eine genaue Erläuterung der durch den Vorsprung 43 gebotenen Funktion entfällt, weil dafür die Erläuterung der dritten Ausführungsform gilt.

Auch wenn die diskontinuierlichen Vorsprünge, die durch Auftrennen des ringförmigen Vorsprungs 43 in der Umfangsrichtung relativ zu der Längsachse 18 des Durchsatzmeßkanals 11 gebildet sein können, anstelle des ringförmigen Vorsprungs 43 vorgesehen sind, werden gleiche Auswirkungen wie bei der vierten Ausführungsform erhalten.

AUSFÜHRUNGSFORM 8

Als nächstes wird eine andere Anordnung des Durchsatzmeßkanals 11 erläutert, die gleiche Auswirkungen wie die Schlitz 13 oder die Durchgangslöcher 45 bieten kann.

Die Fig. 20 bis 22 zeigen den Durchsatzmeßkanal gemäß einer achten Ausführungsform, wobei die Funktionsweise des Kanals gezeigt ist. Dabei bezeichnet 46 ein luftdurchlässiges Teil oder ein Drahtgitter 46, das zu Zylindergestalt geformt ist und das gleichmäßig mit dem Innendurchmesser und dem Außendurchmesser der abstromseitigen Wand des Durchsatzmeßkanals 11 vereinigt ist. Das Gitter 46 weist Vierecke auf, die in einem Muster von drei Schritten in Abstromrichtung allmählich größer werden.

Bevor die Funktion des Kanals bei einem pulsierenden Durchfluß erläutert wird, wird unter Bezugnahme auf Fig. 20 die Funktion des Kanals bei konstantem Durchfluß erläutert. Die Strömung 24, die die Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 passiert hat, und die Strömung 23 durch das Innere des Durchsatzmeßkanals 11 vereinigen sich und werden instabil, wenn sie die Wand mit dem Gitter 46 passieren, das in Abstromrichtung allmählich größer werdende Öffnungsverhältnisse hat. Die vereinigten Strömungen erzeugen unmittelbar die diskreten Wirbel 55, ohne daß die ringförmigen Wirbel 90 erzeugt werden, und die diskreten Wirbel bewegen sich nacheinander in Abstromrichtung.

Unter Bezugnahme auf Fig. 21 wird nun die Funktion des Kanals bei pulsierendem Durchfluß im Fall einer Verlangsamung erläutert. Da die diskreten Wirbel auch bei einer Verlangsamung ebenso wie bei konstantem Durchfluß prompt erzeugt werden, wird die Größe der diskreten Wirbel 55 verringert. Da das Vorsehen des Gitters 46 den von den diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 eingenommenen Bereich verringert, unterliegt die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegangene Strömung im Vergleich mit der Abwesenheit des Gitters 46 kaum einer Abnahme der Durchflußgeschwindigkeit. Das bedeutet, daß die Durchsatzmeßvorrichtung 1 eine Durchflußmenge infolge des korrigierenden Effekts durch den Durchsatzmeßkanal 11 bei konstantem Durchfluß und pulsierendem Durchfluß richtig messen kann, weil eine Änderung des Ablösungsverhältnisses der Ströme innerhalb und außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 verringert ist.

Nachstehend wird die Funktion des Kanals beim Auftreten einer Rückwärtsströmung unter Bezugnahme auf Fig. 22 erläutert. Wenn der Durchsatzmeßkanal 11 nicht mit dem Gitter ausgebildet ist, werden die diskreten Wirbel 55, die bei der Verlangsamung massiv geworden sind, mit der Strömung transportiert. Die diskreten Wirbel bewegen sich in Aufstromrichtung, wobei sie in Bereiche außerhalb und innerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 getrennt werden. Die diskreten Wirbel, die in den Durchsatzmeßkanal 11 gelangt sind, treffen auf den Durchsatzmeßfühler 12 auf und stören die Strömung in der Nähe des Durchsatzmeßfühlers. Das führt zu dem Problem, daß ein Fehler in die Durchsatzmessung eingeführt wird, weil der Durchsatzmeßfühler 12 eine Änderung der Durchflußgeschwindigkeit erfährt, die durch die diskreten Wirbel 55 gestört wurde, und zwar ungeachtet der Hauptströmung. Andererseits kann der Durchsatzmeßkanal 11 mit angebrachtem Gitter 46 die Größe der diskreten Wirbel 55, die erzeugt werden und sich in Aufstromrichtung bewegen, wenn der Durchfluß verlangsamt ist, minimieren. Selbst wenn also die diskreten Wirbel 55 auf den Durchsatzmeßfühler 12 auftreffen, werden unregelmäßige Turbulenzen verringert, so daß die Durchsatzmeßvorrichtung 1 eine Durchflußmenge richtig messen kann.

Wie erläutert wurde, ist die Durchsatzmeßvorrichtung 1 im allgemeinen so eingestellt, daß eine Gesamtdurchfluß-

menge der Ansaugluft in die Durchsatzmeßvorrichtung 1 und ein Ausgangssignal des Durchsatzmeßfühlers 12 in dem Durchsatzmeßkanal 11 in bezug auf einen konstanten Durchfluß vorher überprüft wurden und die Durchsatzmeßvorrichtung die Beziehung zwischen jeder Gesamtdurchflußmenge und jedem Ausgangswert als eine Funktion ansieht. Wenn sich ein Durchfluß von einem Konstantdurchfluß zu einem pulsierenden Durchfluß ändert, wird eine Gesamtdurchflußmenge der Ansaugluft in die Durchsatzmeßvorrichtung 1 auf der Basis eines Ausgangssignals vom Durchsatzmeßfühler 12 geschätzt. Da durch das Vorhandensein des Gitters 46 der von den diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 eingenommene Bereich verringert wird, unterliegt die Strömung 23, die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegangen ist, auch dann kaum einer Abnahme der Durchflußgeschwindigkeit, wenn sich der Durchfluß zu einem pulsierenden Durchfluß ändert. Diese Anordnung kann eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen der durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegangenen Strömung 23 und der Strömung 24, die die Außenseite des Kanals passiert hat, verringern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 eine Durchflußmenge mittels der korrigierenden Wirkung, die der Durchsatzmeßkanal 11 bei konstantem Durchfluß, pulsierendem Durchfluß und bei pulsierendem Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung bietet, korrekt messen. Das bedeutet, daß die Anordnung sich für einen Fall eignet, in dem in einem pulsierenden Durchfluß eine gewisse Rückwärtsströmung enthalten ist, insbesondere für ein Ansaugsystem einer Brennkraftmaschine für ein Kraftfahrzeug.

Die Vierecke des Gitters 46 ändern sich zwar bei dieser Ausführungsform in drei Schritten in der Durchflußrichtung, aber die Erfindung ist nicht auf diese Anordnung beschränkt. Das Gitter hat bevorzugt so viele unterschiedliche Größen von Rechtecken wie möglich, da die Ablösungswirkung der Wirbel verbessert werden kann, wenn die Strömung 23, die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegangen ist, und die Strömung 24, die die Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 passiert hat, allmählich vereinigt werden.

AUSFÜHRUNGSFORM 9

Fig. 23 ist eine Perspektivansicht des Durchsatzmeßkanals gemäß einer neunten Ausführungsform. Diese Ausführungsform kann die durch das Gitter 46 gebotene Wirkung weiter verstärken. Dabei ist der Vorsprung 43 an einer äußeren Wand des Durchsatzmeßkanals 11 aufstromseitig von dem Gitter 46 vorgesehen, so daß sich eine abrupte Änderung der Wandstärke des Kanals 11 ergibt. Auch wenn sich der Durchfluß von einem Konstantdurchfluß zu einem pulsierenden Durchfluß ändert, unterliegt die Strömung 23, die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegangen ist, kaum einer Abnahme der Durchflußgeschwindigkeit, weil durch den vorgesehenen Vorsprung der von den diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 eingenommene Bereich verkleinert wird, wie in bezug auf das Vorsehen der Schlitz 13 und des Vorsprungs 43 bei der dritten Ausführungsform beschrieben wurde. Diese Anordnung kann eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen der Strömung 23, die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegangen ist, und der Strömung 24, die die Außenseite des Kanals passiert hat, bei konstantem Durchfluß und bei pulsierendem Durchfluß vermindern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in

Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel 55 minimieren und sie veranlassen, die Außenseite des Kanals zu passieren. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 eine Durchflußmenge mit dem korrigierenden Effekt durch den Durchsatzmeßkanal 11 bei konstantem Durchfluß, pulsierendem Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung korrekt messen.

Eine genaue Erläuterung der Funktion des Vorsprungs 43 entfällt, da die entsprechende Erläuterung in bezug auf die dritte Ausführungsform anwendbar ist.

Auch wenn diskontinuierliche Vorsprünge, die durch Schneiden eines ringförmigen Vorsprungs in Abschnitte in der Umfangsrichtung relativ zu der Längsachse 18 des Durchsatzmeßkanals 11 gebildet sind, anstelle des ringförmigen Vorsprungs 43 von Fig. 23 vorgesehen sind, ergeben sich die gleichen Wirkungen wie bei der vierten Ausführungsform.

AUSFÜHRUNGSFORM 10

Fig. 24 ist eine Perspektivansicht des Durchsatzmeßkanals nach einer zehnten Ausführungsform. Dabei bezeichnet 47 ein luftdurchlässiges Gitter, das mit dem Durchsatzmeßkanal 11 als einstückige Konstruktion ausgebildet ist. Das Gitter hat Öffnungsbereiche, die als dreistufiges Muster in der Abstromrichtung allmählich größer werden.

Auch wenn das Gitter 47 dieser Ausführungsform anstelle des Gitters 46 der achten Ausführungsform vorgesehen ist, können die gleichen Wirkungen erhalten werden. Wenn das Gitter 47 aus dem gleichen Werkstoff wie der Kanal, etwa aus Harz besteht, kann bei der Fertigung eine Kostensenkung erzielt werden.

AUSFÜHRUNGSFORM 11

Fig. 25 ist eine vergrößerte Perspektivansicht eines vorderen Bereichs des abstromseitigen Endes des Durchsatzmeßkanals gemäß einer elften Ausführungsform. Dabei ist die äußere Wand des abstromseitigen Endes des Durchsatzmeßkanals 11 mit den darin ausgebildeten Schlitten 13, Durchgangslöchern 46, dem Gitter 46 oder dem Gitter 47 stufenförmig, so daß ihre Wandstärke im Vergleich mit der Wandstärke der Außenwand an der Aufstromseite verringert ist.

Durch diese Anordnung wird die Strömung 24, die zwischen der Außenwand des Durchsatzmeßkanals 11 und der Innenwand des Hauptströmungskanals 10 fließt, von dem stufenförmigen Bereich des Durchsatzmeßkanals 11 abgelöst und bildet die Trennzone 56. Die diskreten Wirbel, die an dem abstromseitigen Ende des Durchsatzmeßkanals 11 durch die Trennzone 56 erzeugt werden, werden zur Außenseite gesaugt, so daß der von ihnen eingenommene Bereich in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 verkleinert wird. Infolgedessen kann diese Anordnung nicht nur die korrigierende Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal 11 bieten, sondern auch eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen im Inneren und an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 bei Konstantdurchfluß und pulsierendem Durchfluß verringern. Auch wenn sich die diskreten Wirbel durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren und bewirken, daß sich die diskreten Wirbel an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals 11 bewegen. Somit kann die Durchsatzmeßvorrichtung 1 eine Durchflußmenge mit der korrigierenden Wirkung, die durch den Durchsatzmeßkanal 11 bei einem konstanten Durchfluß, einem pulsierenden

Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung gebogen ist, korrekt messen.

Der Stufenbereich ist nicht darauf beschränkt, daß er eine einzige Stufe aufweist; er kann mehrere Stufen aufweisen. Der Stufenbereich kann beispielsweise drei Stufen haben, um sich der Änderung der Vierecke des Gitters 46 von Fig. 20 oder des Gitters 47 von Fig. 24 anzupassen. Das Vorsehen einer Vielzahl von Stufen kann die Wandstärke des abstromseitigen Bereichs des Kanals mit den Schlitten 13 oder dergleichen zu der Abstromrichtung hin vermindern, was den Vorteil bietet, daß die Ströme innerhalb und außerhalb des Durchsatzmeßkanals 11 gleichmäßig vereinigt werden können, wie unter Bezugnahme auf die erste Ausführungsform erläutert wurde. In diesem Fall ist eine größere Anzahl von Stufen vorzuziehen.

AUSFÜHRUNGSFORM 12

Fig. 26 zeigt den Durchsatzmeßkanal nach einer zwölften Ausführungsform, wobei die Funktion des Kanals zu sehen ist.

Die Erläuterung der ersten Ausführungsform erfolgte zwar unter Bezugnahme auf einen Fall mit fünf Schlitten 13, wie Fig. 5 zeigt, aber die vorliegende Ausführungsform ist auf einen einzigen Schlitz gerichtet. Dabei ist der einzige Schlitz dadurch vorgesehen, daß das abstromseitige Ende des Durchsatzmeßkanals 11 schräg abgeschnitten ist.

Die Funktion des Kanals in diesem Fall wird nachstehend erläutert. Bei einem Konstantdurchfluß nehmen die ringförmigen Wirbel 90, die aus der Nachströmung hinter dem Durchsatzmeßkanal 11 erzeugt werden, eine Gestalt an, deren verschiedene Bereiche in der Strömungsrichtung so verlagert werden, daß sie eine ovale Gestalt haben, wie das bei der ersten Ausführungsform mit fünf vorgesehenen Schlitten der Fall ist. Die ringförmigen Wirbel 90 mit einer solchen nichtkreisförmigen Gestalt sind instabil, werden prompt in Abschnitte aufgetrennt und kollabieren als die diskreten Wirbel 55.

Auch bei einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung kollabieren die ringförmigen Wirbel zu den diskreten Wirbeln 55 auf grundsätzlich gleiche Weise wie bei der ersten Ausführungsform, obwohl der Wirkungsgrad verschieden ist. Eine Erläuterung der Funktion in einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung entfällt.

Die Durchsatzmeßvorrichtung 1 dieser Ausführungsform ist so eingestellt, daß eine Gesamtdurchflußmenge der Saugluft in der Durchsatzmeßvorrichtung 1 und ein Ausgangswert des Durchsatzmeßfühlers 12 in dem Durchsatzmeßkanal 11 vorher in bezug auf einen Konstantdurchfluß überprüft werden und daß die Durchsatzmeßvorrichtung die Beziehung zwischen jeder Gesamtdurchflußmenge und jedem Ausgangswert als eine Funktion erkennt. Wenn sich ein Durchfluß von einem Konstantdurchfluß zu einem pulsierenden Durchfluß ändert, wird eine Gesamtdurchflußmenge der Saugluft in die Durchsatzmeßvorrichtung 1 auf der Basis eines Ausgangswerts des Durchsatzmeßfühlers 12 geschätzt. Da das Vorsehen der Abschrägung am abstromseitigen Ende des Durchsatzmeßkanals 11 den von den diskreten Wirbeln 55 in der Nähe des Auslasses des Durchsatzmeßkanals 11 eingenommenen Bereich verkleinert, unterliegt die Strömung, die durch den Durchsatzmeßkanal 11 gegangen ist, kaum einer Abnahme der Durchflußgeschwindigkeit, selbst wenn sich die Strömung zu einer pulsierenden Strömung ändert. Infolgedessen kann eine Änderung des Ablösungsverhältnisses zwischen den Strömen 23 und 24 im In-

neren und an der Außenseite des Durchsatzmeßkanals **11** bei einem konstanten Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß verringert werden. Auch wenn sich die diskreten Wirbel **55** durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann diese Anordnung die Größe der diskreten Wirbel minimieren. Die Durchsatzmeßvorrichtung **1** kann daher eine Durchflußmenge mittels der korrigierenden Wirkung durch den Durchsatzmeßkanal **11** bei einem Konstantdurchfluß, einem pulsierenden Durchfluß und einem pulsierenden Durchfluß mit einer darin enthaltenen Rückwärtsströmung korrekt messen. Bei dieser Ausführungsform erfordert das Vorsehen des Schlitzes nur das schräge Abscheiden des abstromseitigen Endes des Durchsatzmeßkanals **11**, was den Vorteil einer einfachen und kostengünstigen Fertigung bietet.

AUSFÜHRUNGSFORM 13

Die Anordnung nach der zwölften Ausführungsform kann mit dem Vorsehen eines ringförmigen Vorsprungs **43** entsprechend der dritten Ausführungsform kombiniert werden, was gleichartige Wirkungen wie bei der dritten Ausführungsform bietet. Der Vorsprung ist schräg oder parallel mit der Abschrägung des abstromseitigen Endes vorgesehen, wie Fig. 27 in Perspektivansicht zeigt.

Der Vorsprung kann durch die diskontinuierlichen Vorsprünge **44** gemäß der in Fig. 14 gezeigten vierten Ausführungsform ersetzt sein.

AUSFÜHRUNGSFORM 14

Die Erläuterung der jeweiligen Ausführungsformen erfolgte zwar unter Bezugnahme auf den Fall, daß die abstromseitige Endwand des Durchsatzmeßkanals **11** mit den Schlitzten **13**, den Durchgangslöchern **45**, dem Gitter **46** oder dem Gitter **47** ausgebildet ist, aber der Durchsatzmeßkanal kann auch eine aufstromseitige Endwand haben, die mit den Schlitzten **13**, den Durchgangslöchern **45**, dem Gitter **46** oder dem Gitter **47** ausgebildet ist, und zwar im Fall einer starken Rückwärtsströmung, wie das beispielsweise die Fig. 28 bis 30 zeigen.

Durch diese Anordnung kann eine Änderung des Trennungsverhältnisses zwischen den Strömen innerhalb und außerhalb des Durchsatzmeßkanals **11** in bezug auf Strömungen in entgegengesetzten Richtungen dadurch verringert werden, daß die Schlitzte **13** oder dergleichen an der abstromseitigen Wand bei einem Konstantdurchfluß oder bei Verlangsamung wirksam sind, während die Schlitzte **13** oder dergleichen an der aufstromseitigen Wand (einer abstromseitigen Wand in bezug auf eine Rückwärtsströmung) beim Auftreten einer starken Rückwärtsströmung wirksam sind.

Die Schlitzte **13** in der aufstromseitigen Wand können geringere Tiefe als die Schlitzte **13** in der abstromseitigen Wand haben, wie Fig. 28 zeigt, weil eine Rückwärtsströmung geringere Stärke und eine geringere Häufigkeit des Auftretens als eine Vorwärtsströmung hat. Die Durchgangslöcher **45** in der aufstromseitigen Wand können kleiner sein und eine geringere Anzahl von Reihen in der Durchflußrichtung des Kanals **11** als die Durchgangslöcher in der abstromseitigen Wand aufweisen, wie Fig. 29 zeigt. Wenn das aufstromseitige und das abstromseitige Ende des Durchsatzmeßkanals **11** schräg abgeschnitten sind, kann das aufstromseitige Ende einen sanfteren Abschrägungswinkel als das abstromseitige Ende haben, wie Fig. 30 zeigt. Die Schneidrichtungen des auf- und des abstromseitigen Endes können entweder parallel oder nichtparallel zueinander sein.

Der Durchsatzmeßfühler **12** ist nicht auf die in Fig. 4 gezeigte Anordnung beschränkt, die unter Bezugnahme auf die

erste Ausführungsform erläutert wurde. Der Durchsatzmeßfühler kann anders ausgebildet sein. Auch wenn der Durchsatzmeßfühler ein wärmeunempfindlicher Meßfühler ist wie etwa ein Meßfühler vom Flügeltyp, ein Druckmeßfühler, ein Karmanwirbel-Meßfühler und ein Koronaentladungs-Meßfühler, können gleiche Auswirkungen erzielt werden.

Auch wenn der Durchsatzmeßfühler **12** keine Rückwärtsströmung erfassen kann, kann eine Änderung des Ablösungsverhältnisses in einem Konstantdurchfluß und einem pulsierenden Durchfluß verringert werden und gleichartige Wirkungen erzielen. Auch wenn sich die Wirbel durch das Auftreten einer Rückwärtsströmung in Aufstromrichtung bewegen, kann die Größe der Wirbel verringert werden, um einen Fehler bei der Durchsatzmessung zu verringern.

Patentansprüche

1. Durchsatzmeßvorrichtung, die folgendes aufweist: einen Durchsatzmeßkanal (**11**), der in einem Hauptkanal (**10**) für ein Fluid so vorzusehen ist, daß er im wesentlichen parallel mit dem Hauptkanal verläuft; und einen Durchsatzmeßfühler (**12**), der in dem Durchsatzmeßkanal angeordnet ist und eine Durchflußmenge des Fluids in dem Hauptkanal mißt, wobei eine abstromseitige Wand des Durchsatzmeßkanals (**11**) mit wenigstens einem von einem Schlitz (**13**), einem Durchgangsloch (**45**) und einem luftdurchlässigen Teil (**46; 47**) ausgebildet ist.
2. Durchsatzmeßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Umfangsrichtung des Durchsatzmeßkanals (**11**) in bezug auf eine Längsachse (**18**) desselben eine Vielzahl von Schlitzten (**13**) oder Durchgangslöchern (**45**) vorgesehen ist.
3. Durchsatzmeßvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzte (**13**) oder Durchgangslöcher (**45**) in gleichen Abständen in der Umfangsrichtung vorgesehen sind.
4. Durchsatzmeßvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzte (**13**) oder Durchgangslöcher (**45**) an einer ungeraden Anzahl von Stellen in der Umfangsrichtung vorgesehen sind.
5. Durchsatzmeßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlitz (**13**) eine Breite hat, die in einer Abstromrichtung allmählich zunimmt.
6. Durchsatzmeßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchsatzmeßkanal (**11**) in einem Bereich, in dem der Schlitz (**13**) oder das Durchgangsloch (**45**) ausgebildet ist, eine Wandstärke hat, die in der Abstromrichtung abnimmt.
7. Durchsatzmeßvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchsatzmeßkanal (**11**) in einem Bereich, in dem der Schlitz (**13**) oder das Durchgangsloch (**45**) ausgebildet ist, einen Außendurchmesser hat, der in Abstromrichtung abnimmt.
8. Durchsatzmeßvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchsatzmeßkanal (**11**) in einem Bereich, in dem der Schlitz (**13**) oder das Durchgangsloch (**45**) ausgebildet ist, einen Innendurchmesser hat, der in Abstromrichtung zunimmt.
9. Durchsatzmeßvorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Vorsprung (**43**) an einer Außenwand des Durchsatzmeßkanals (**11**) aufstromseitig von dem Schlitz (**13**), dem Durchgangsloch (**45**) oder dem luftdurchlässigen Teil (**46; 47**), wobei sich der Vorsprung (**43**) relativ zu einer Längsrichtung des Durchsatzmeßkanals (**11**) in einer Umfangsrichtung erstreckt.
10. Durchsatzmeßvorrichtung nach Anspruch 1, da-

durch gekennzeichnet, daß das luftdurchlässige Teil
(46; 47) einen Luftdurchlaßwiderstand hat, der in einer
Abstromrichtung geringer wird.

Hierzu 24 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 1

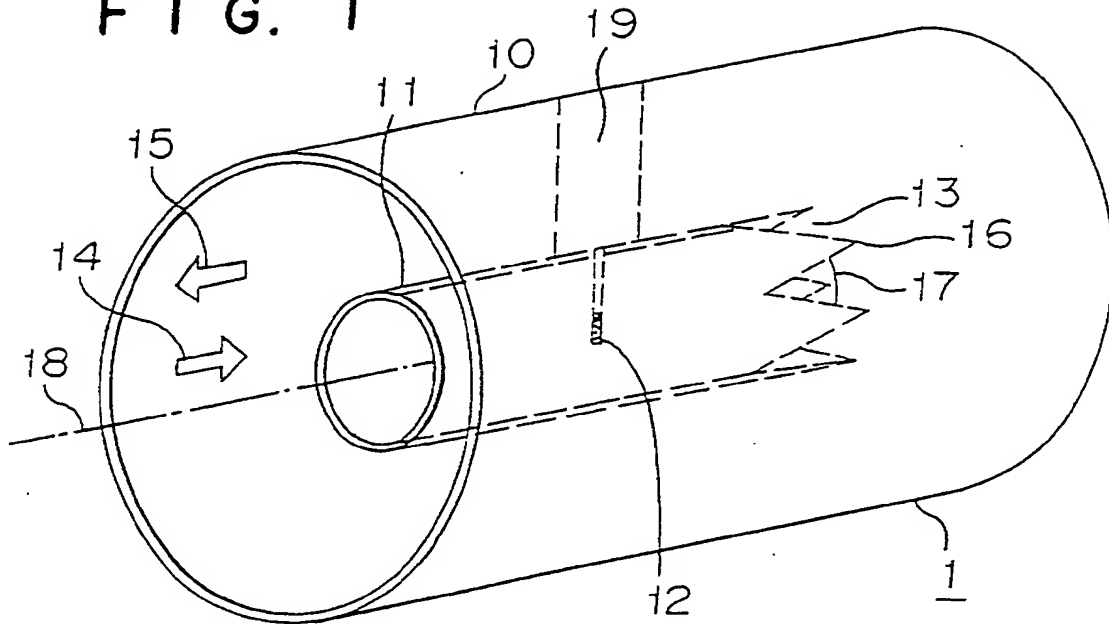


FIG. 2

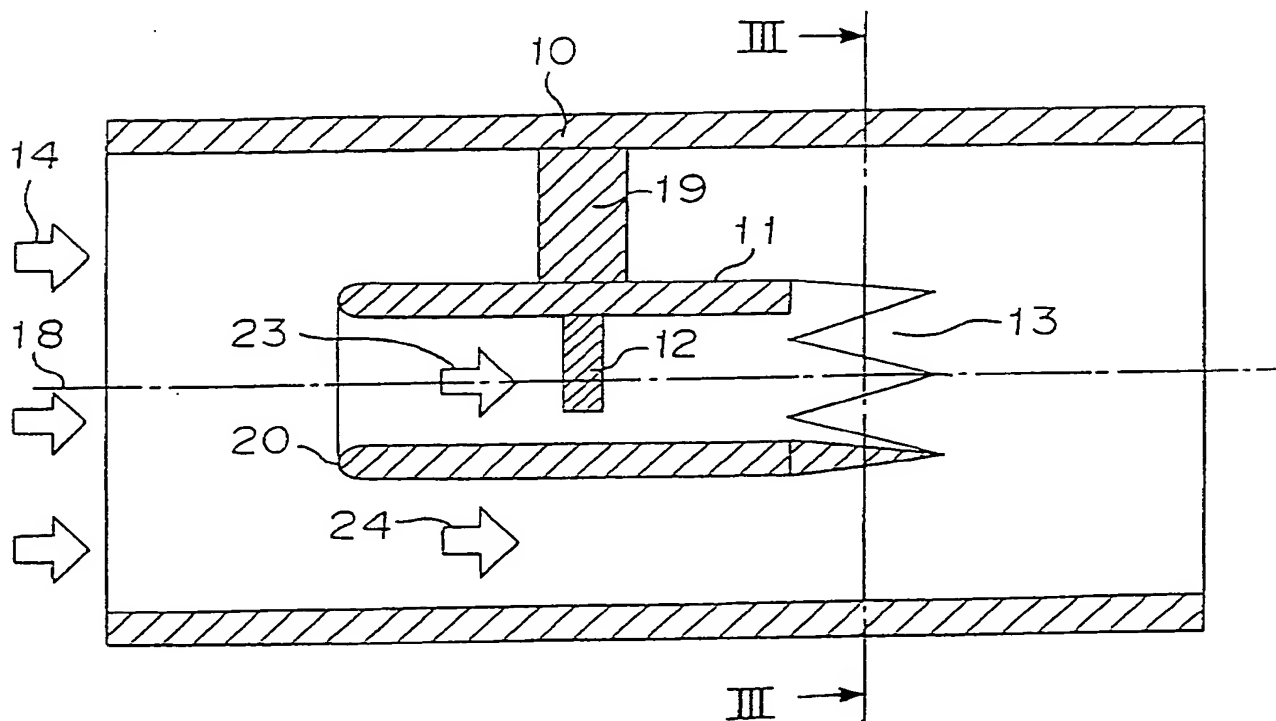


FIG. 3

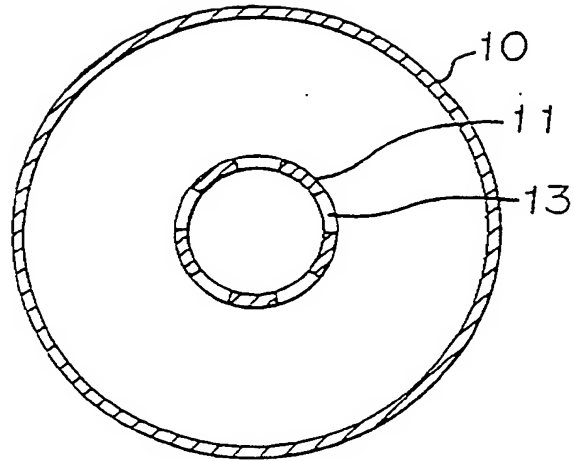


FIG. 4

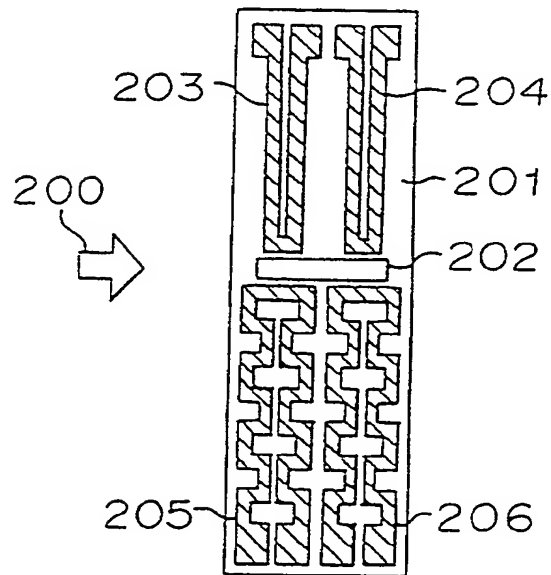


FIG. 5

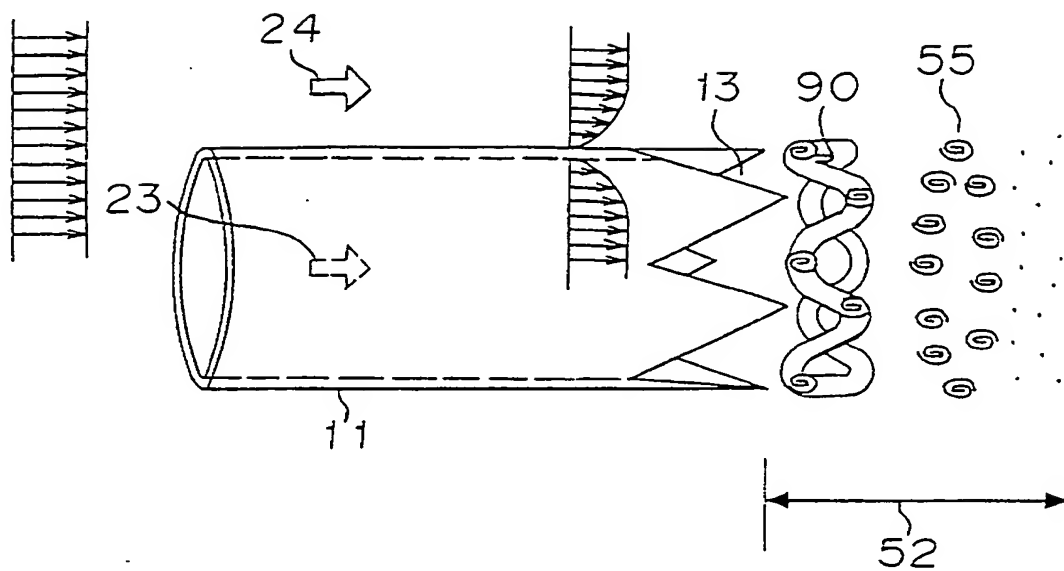


FIG. 6

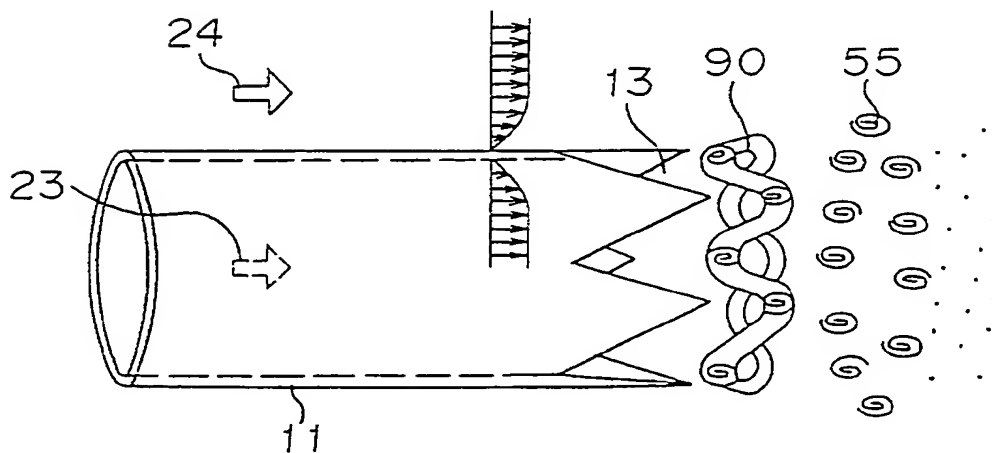


FIG. 7

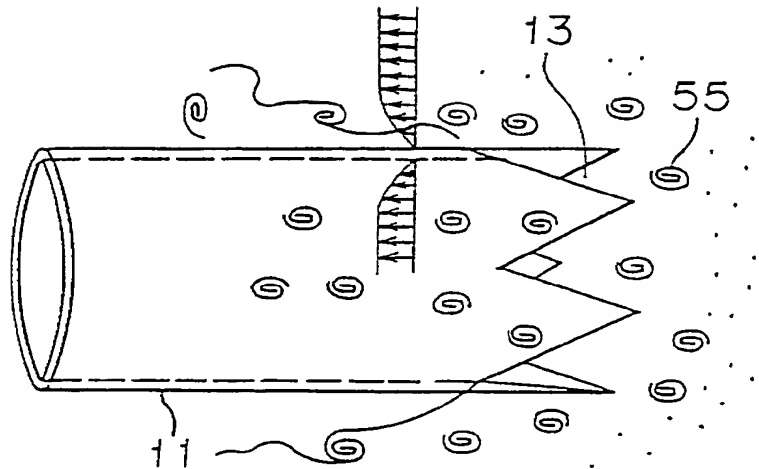
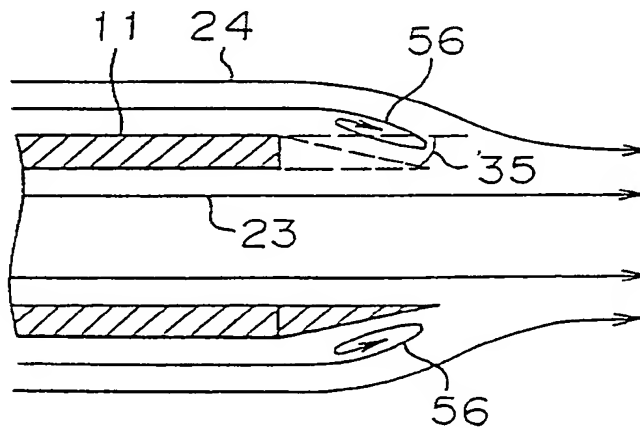
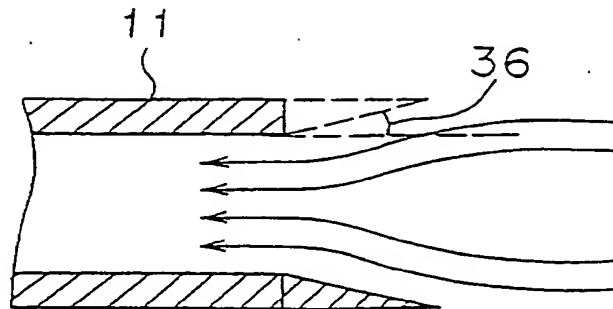


FIG. 8



F I G. 9



F I G. 10

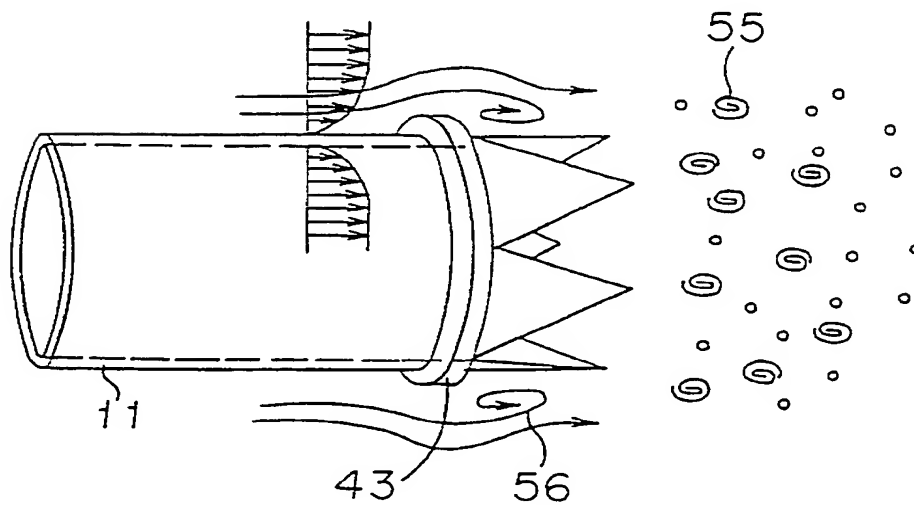


FIG. 11

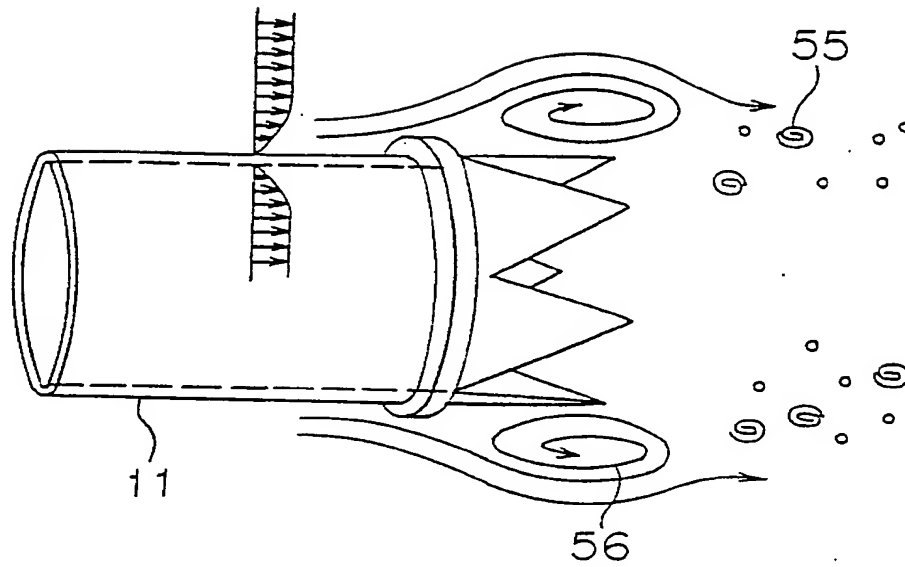


FIG. 12

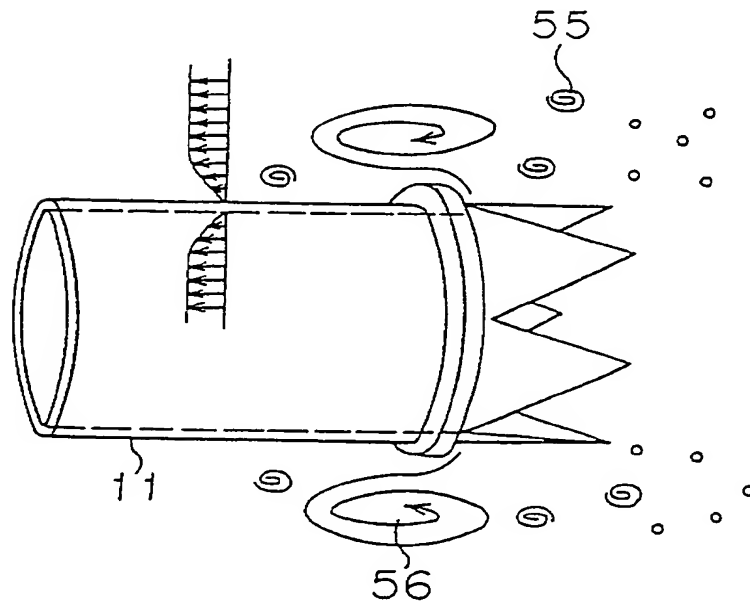


FIG. 13

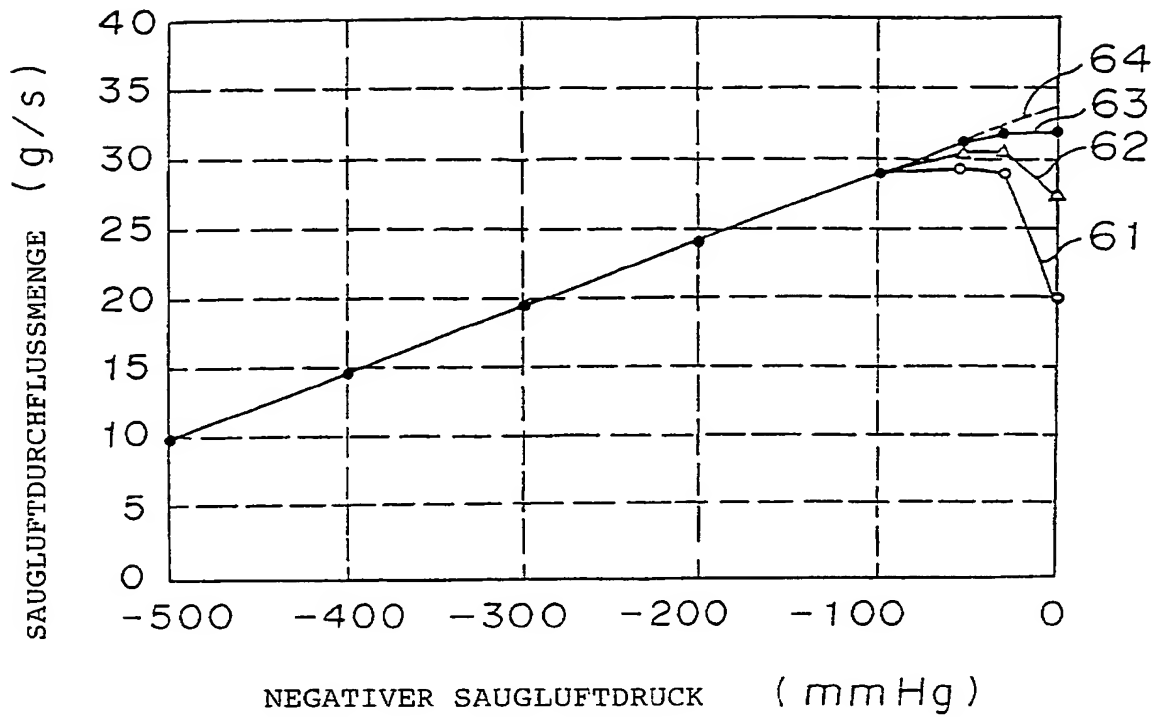
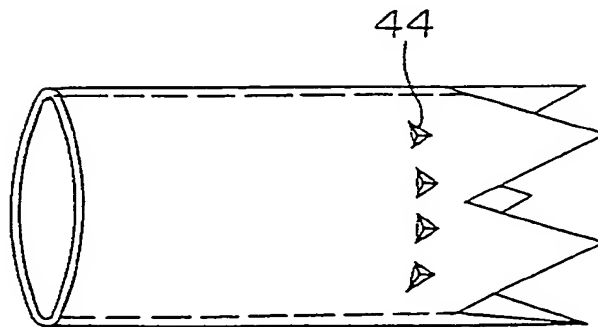


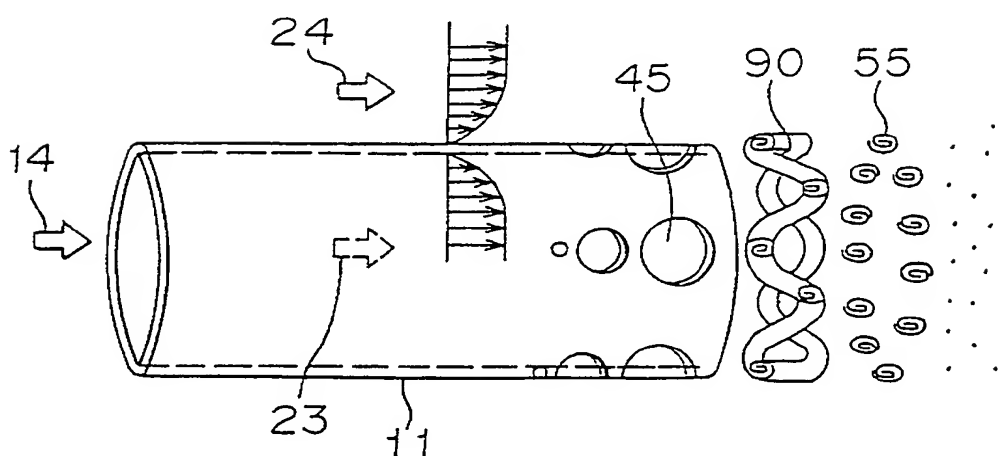
FIG. 14



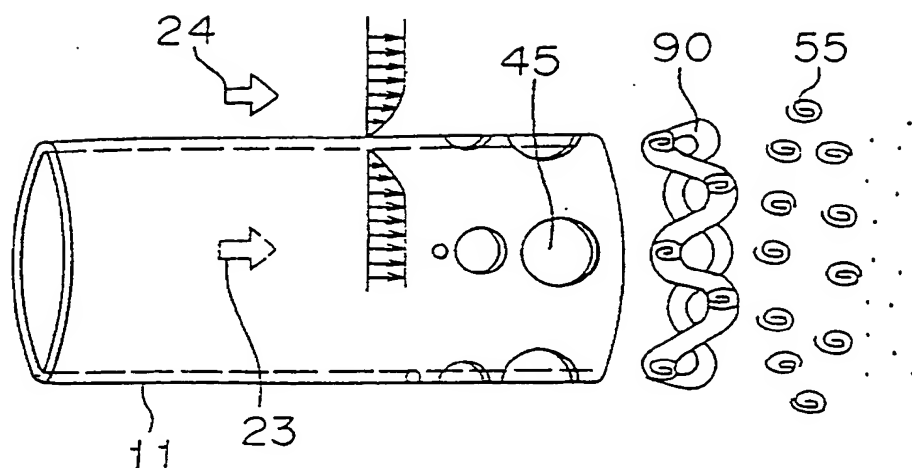
F I G. 15



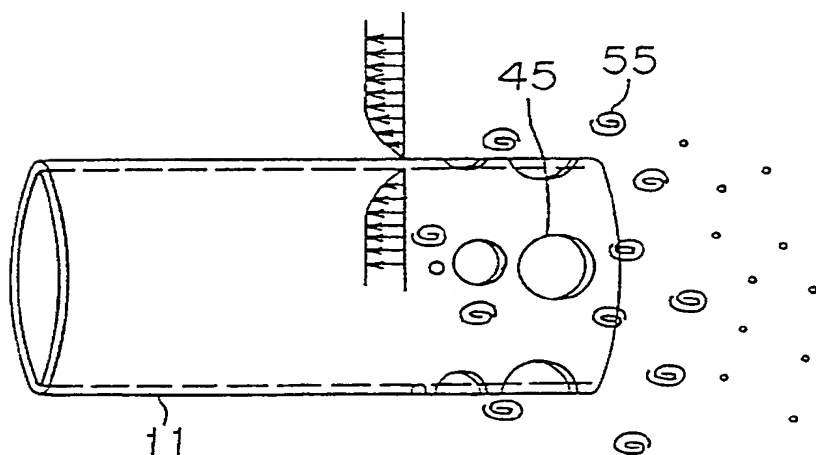
F I G. 16



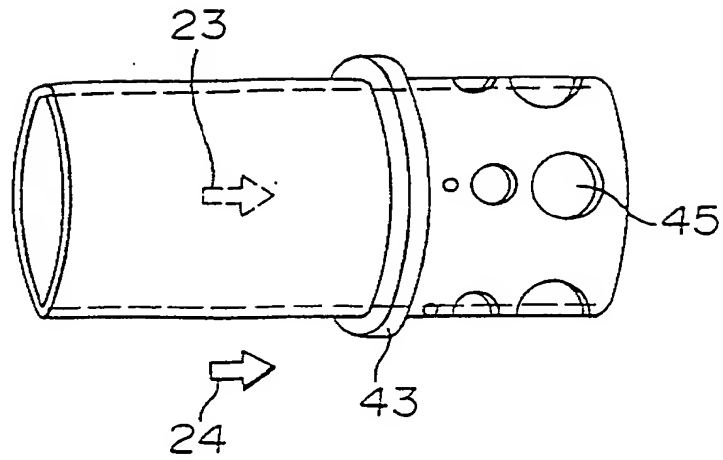
F I G. 17



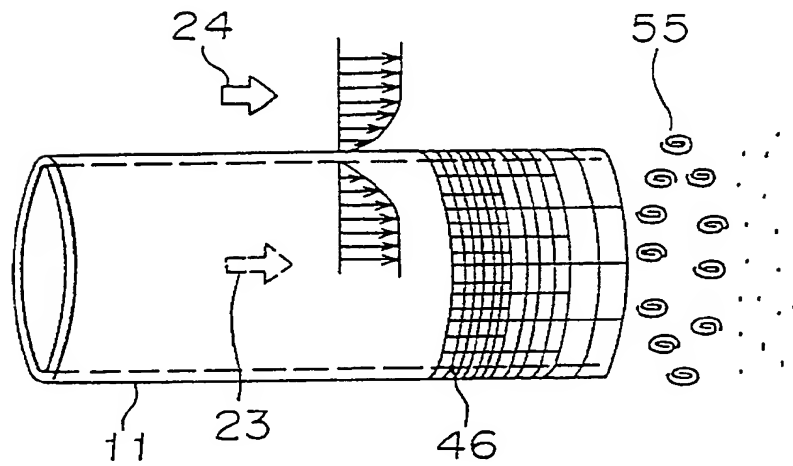
F I G. 18



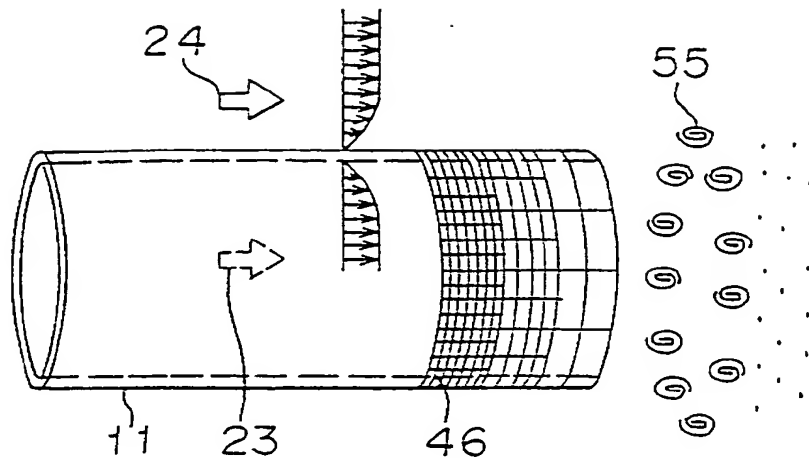
F I G. 19



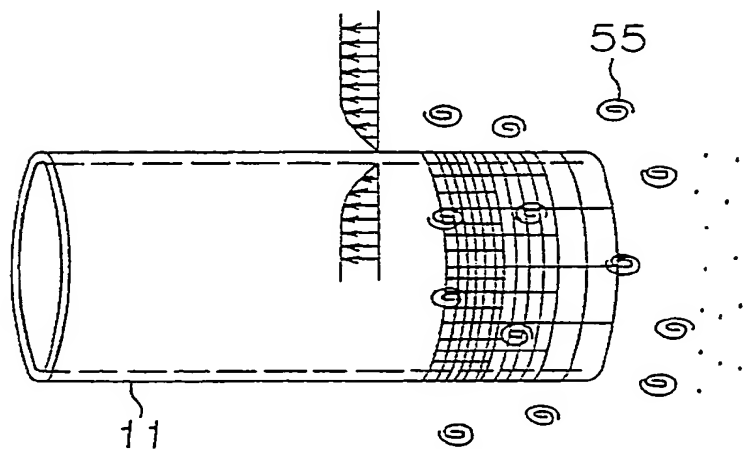
F I G. 20



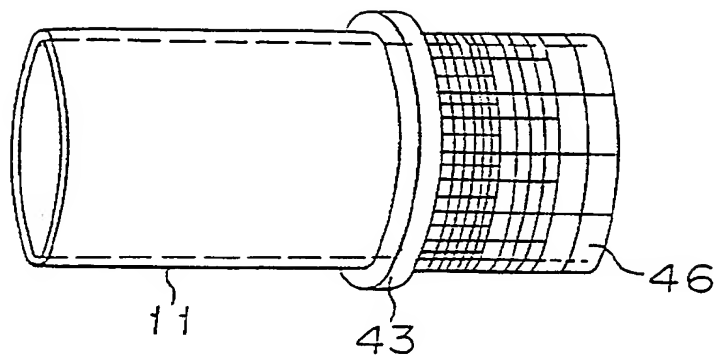
F I G. 21



F I G. 22



F I G. 23



F I G. 24

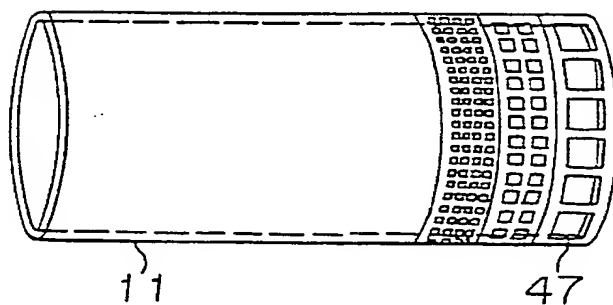


FIG. 25

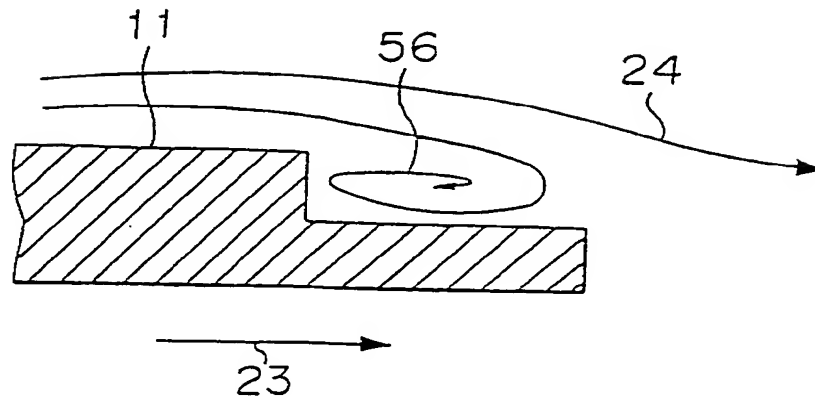


FIG. 26

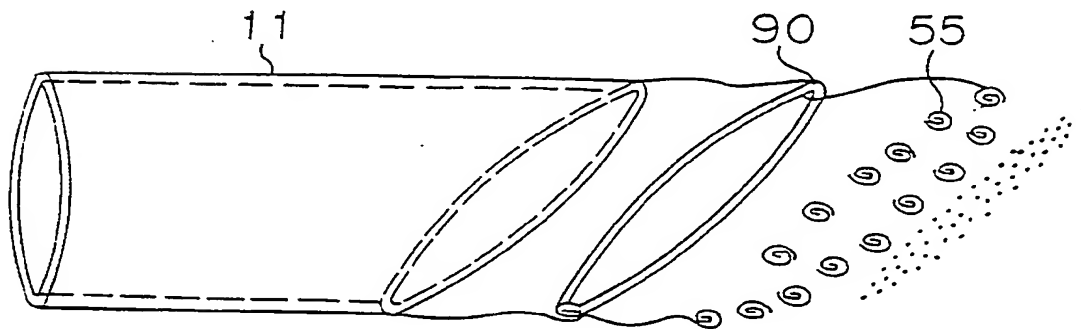
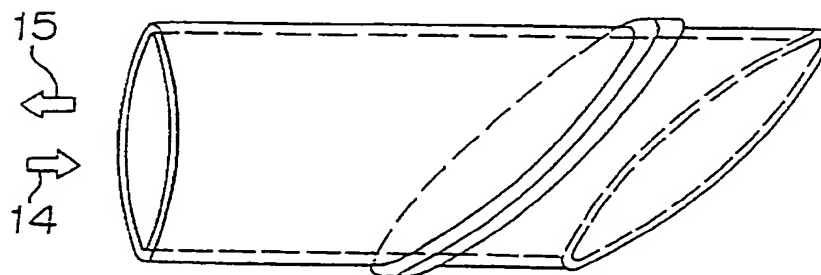
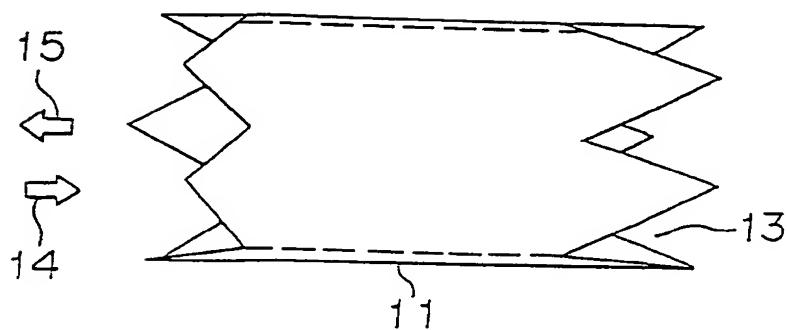


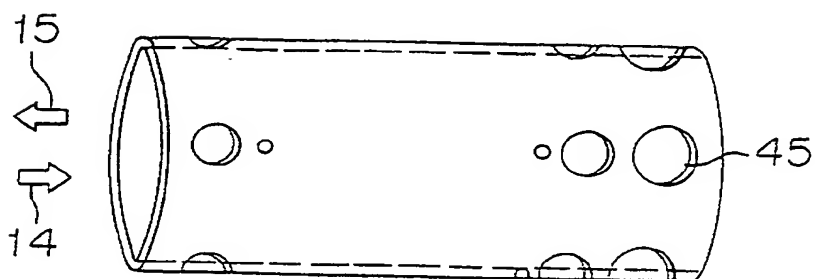
FIG. 27



F I G. 28



F I G. 29



F I G. 30

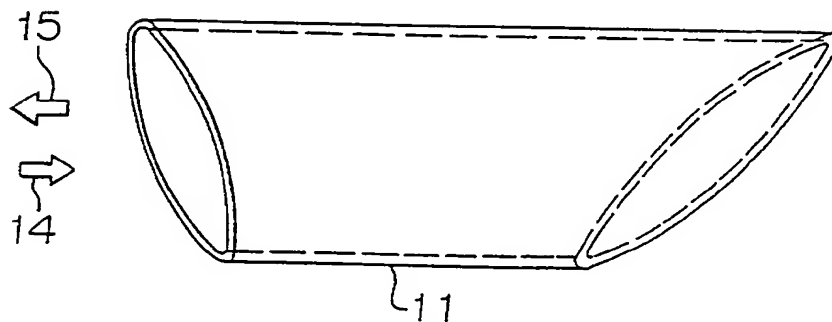
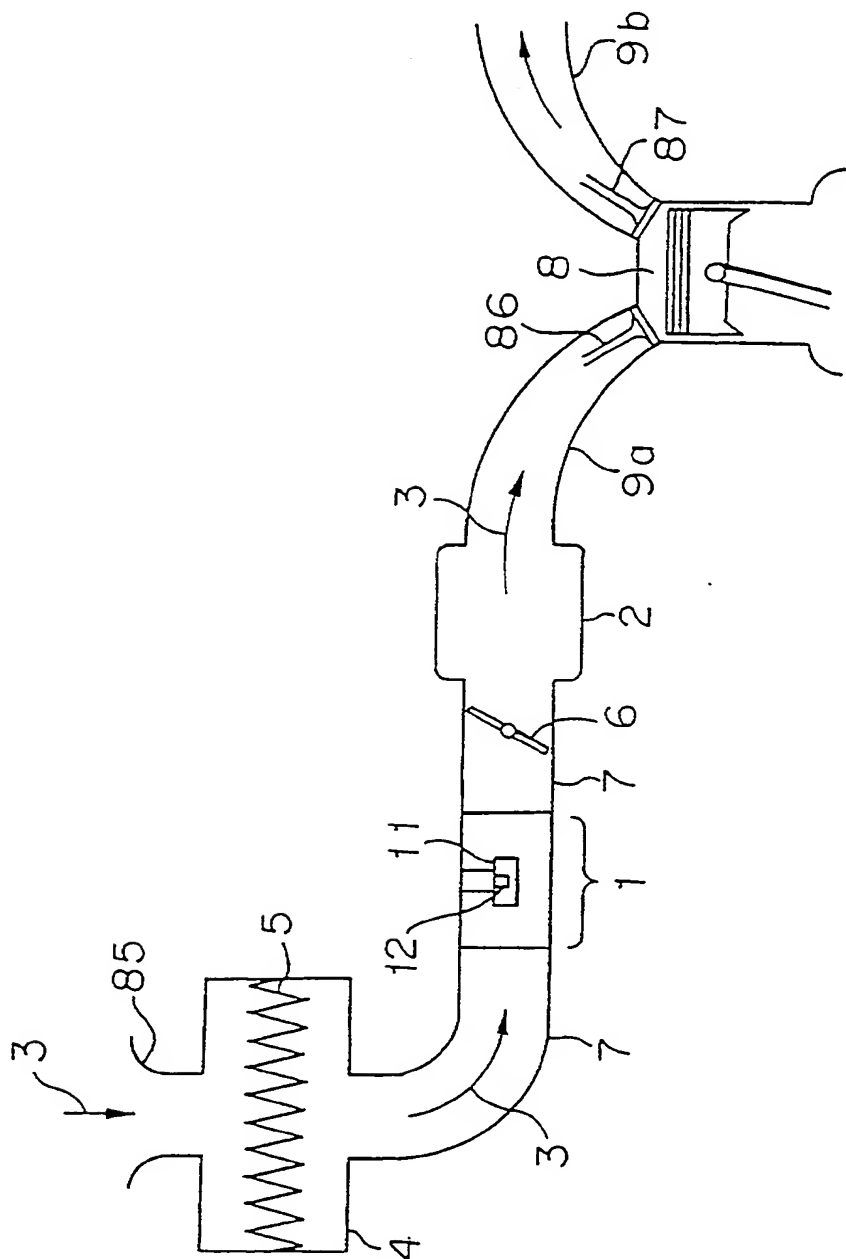
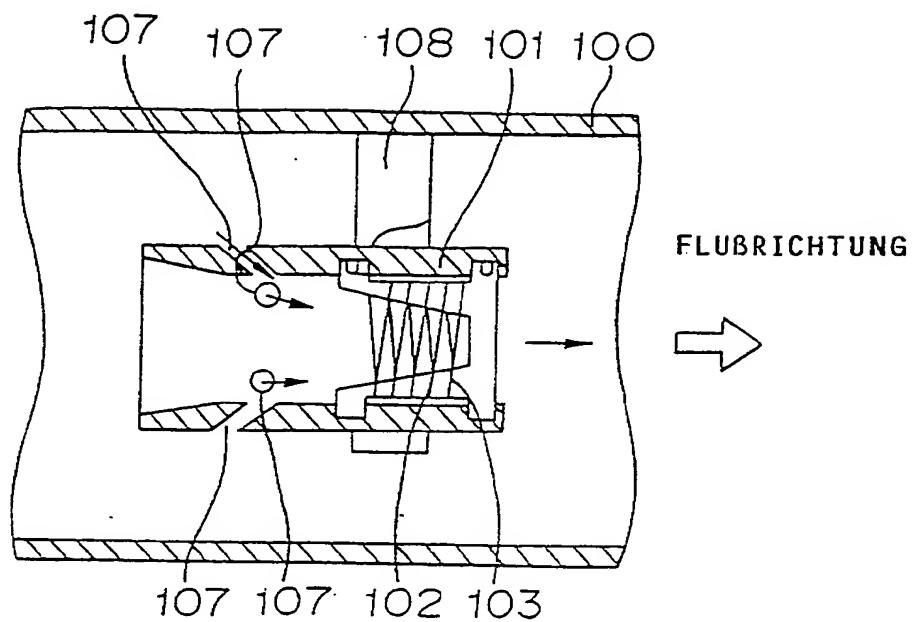


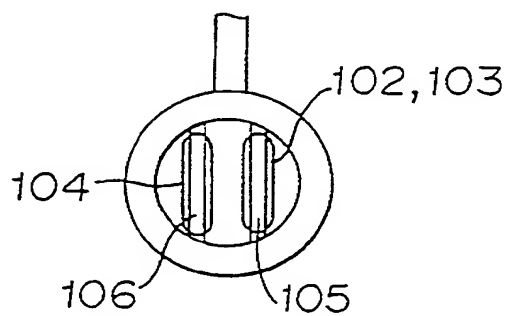
FIG. 31



F I G. 32 (a)



F I G. 32 (b)



F I G. 33

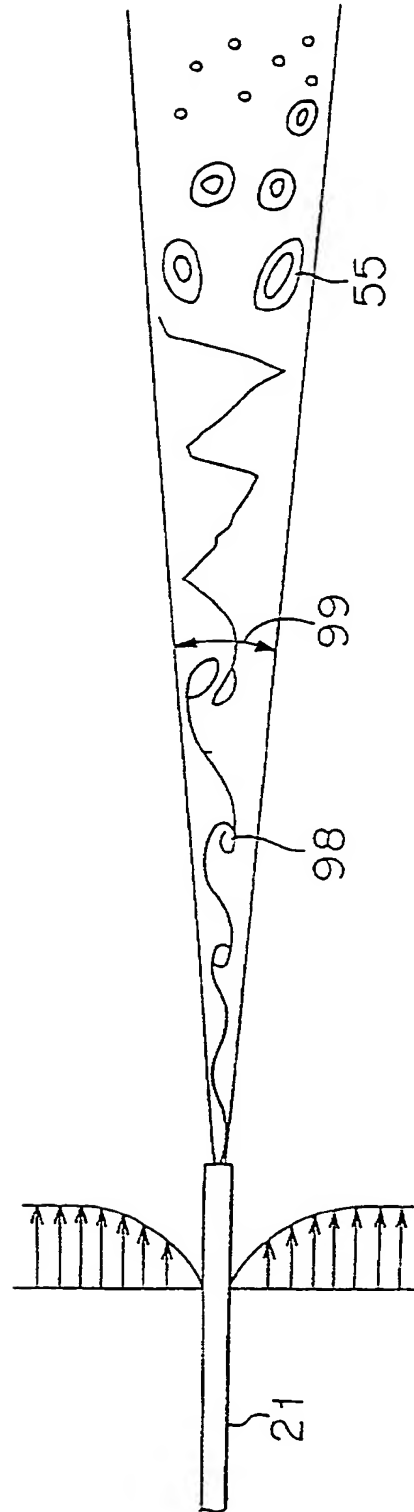


FIG. 34

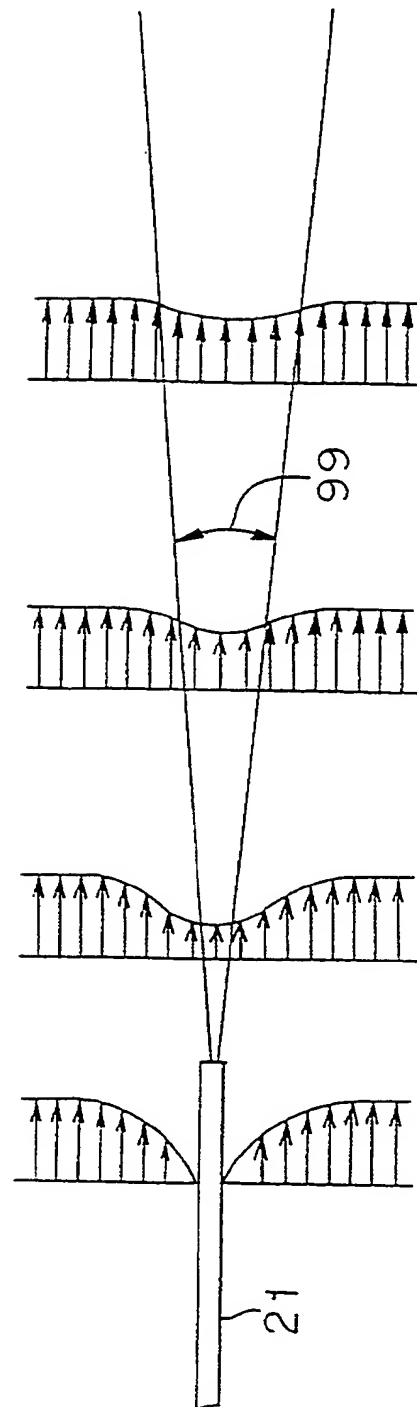


FIG. 35

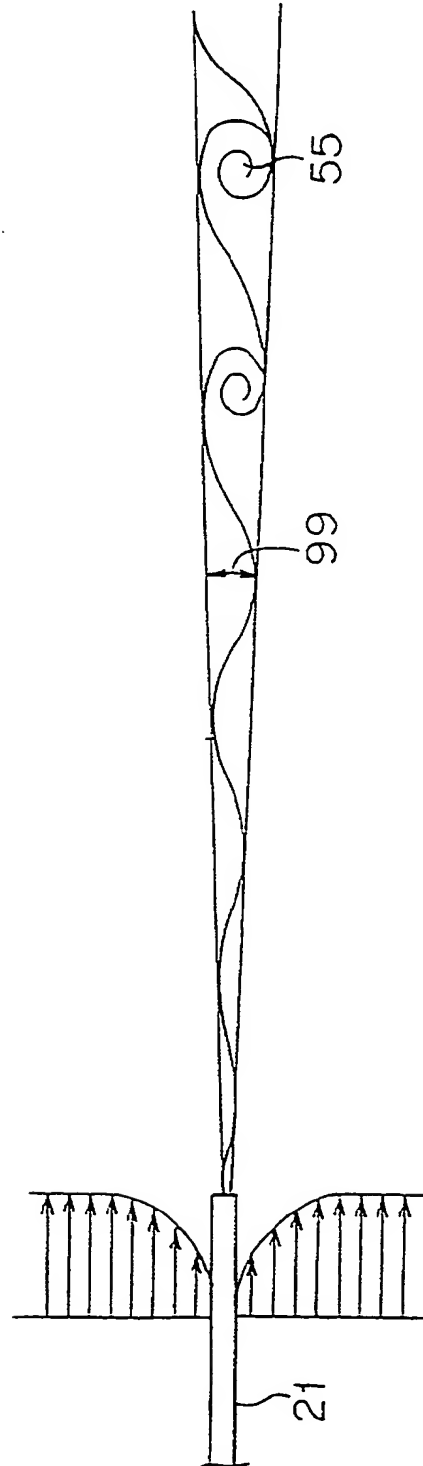


FIG. 36

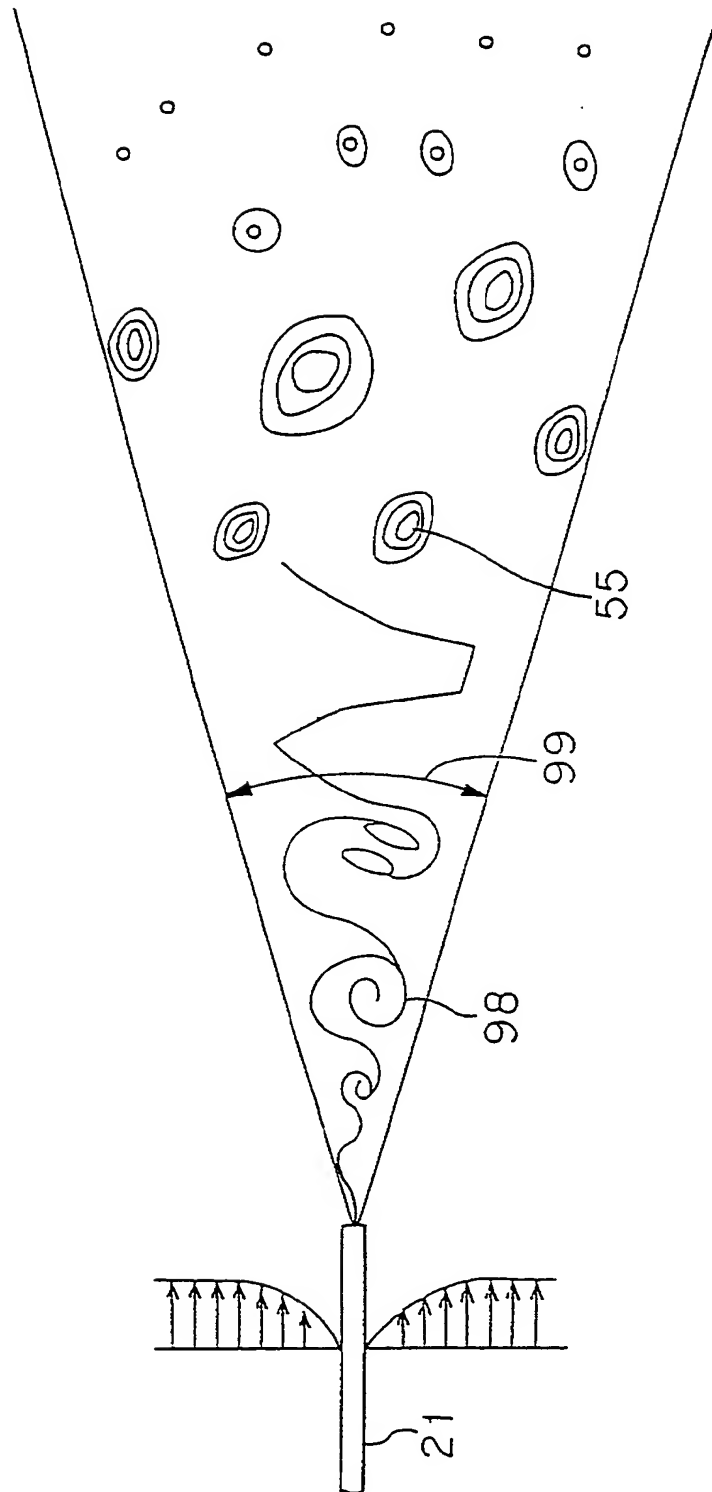


FIG. 37

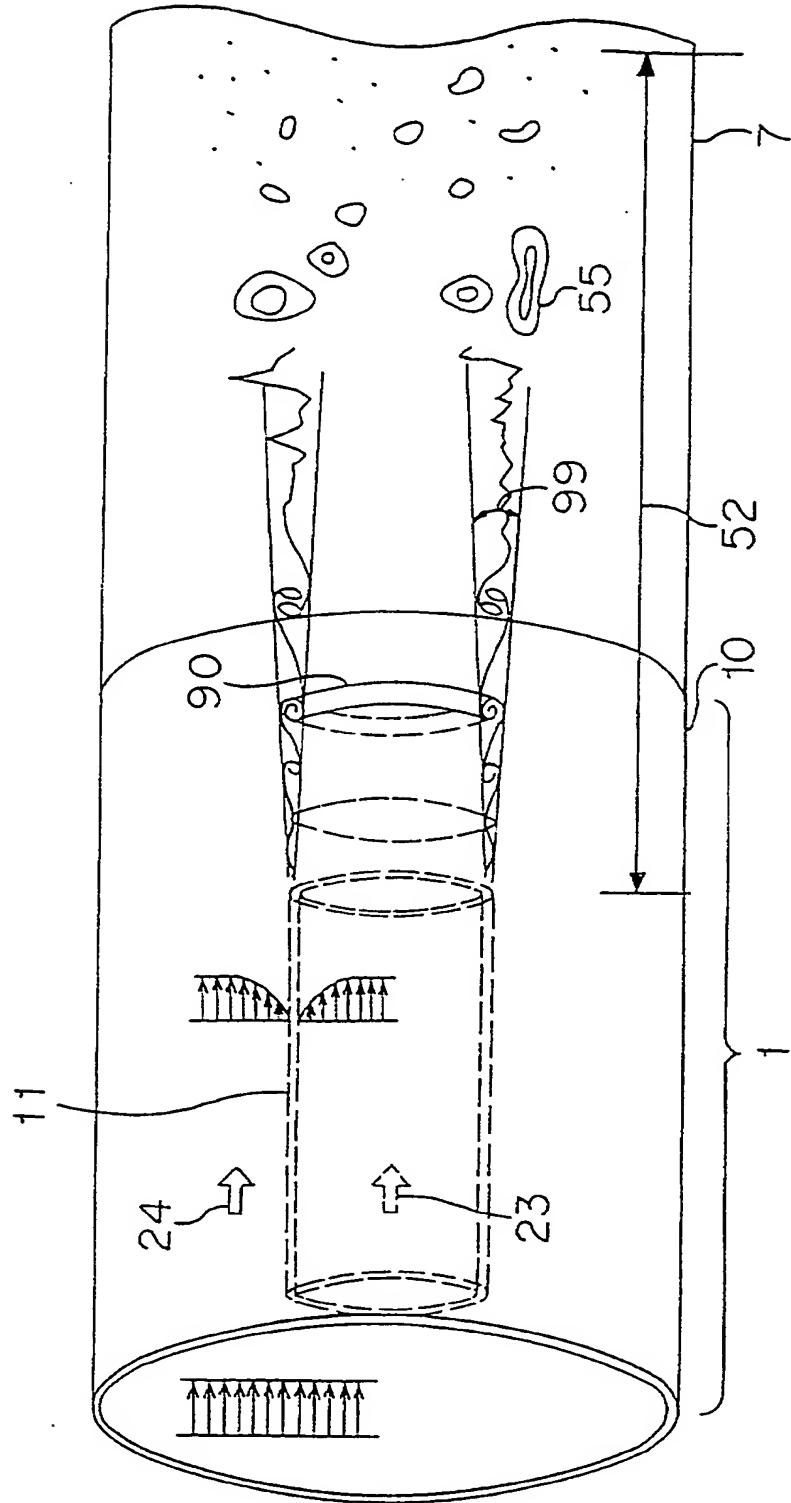


FIG. 38

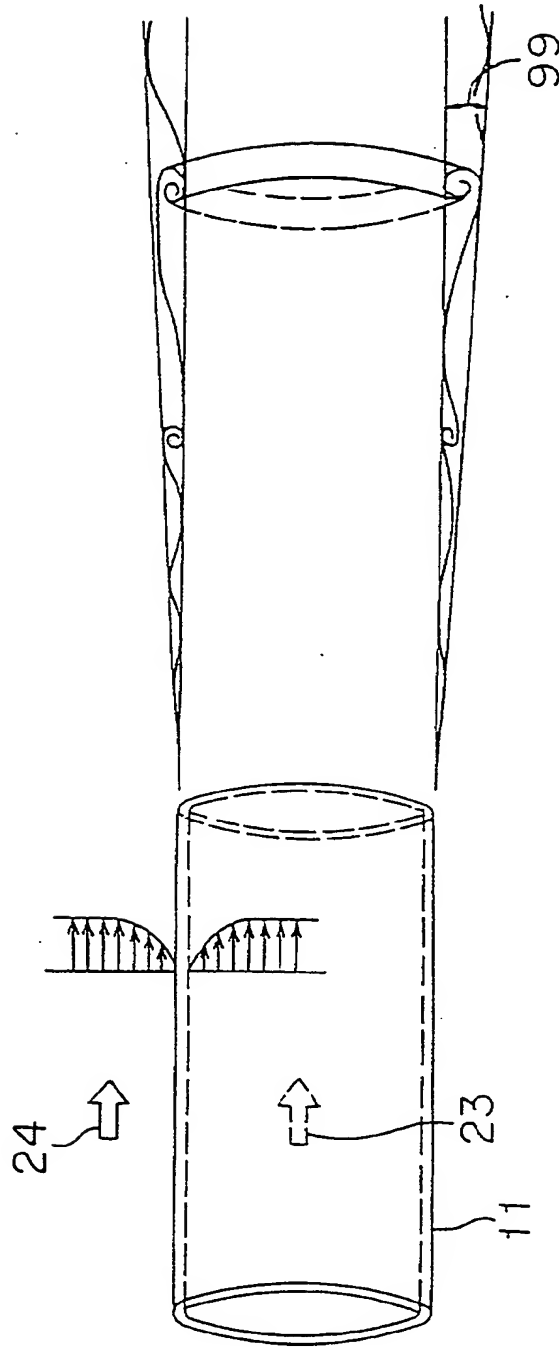


FIG. 39

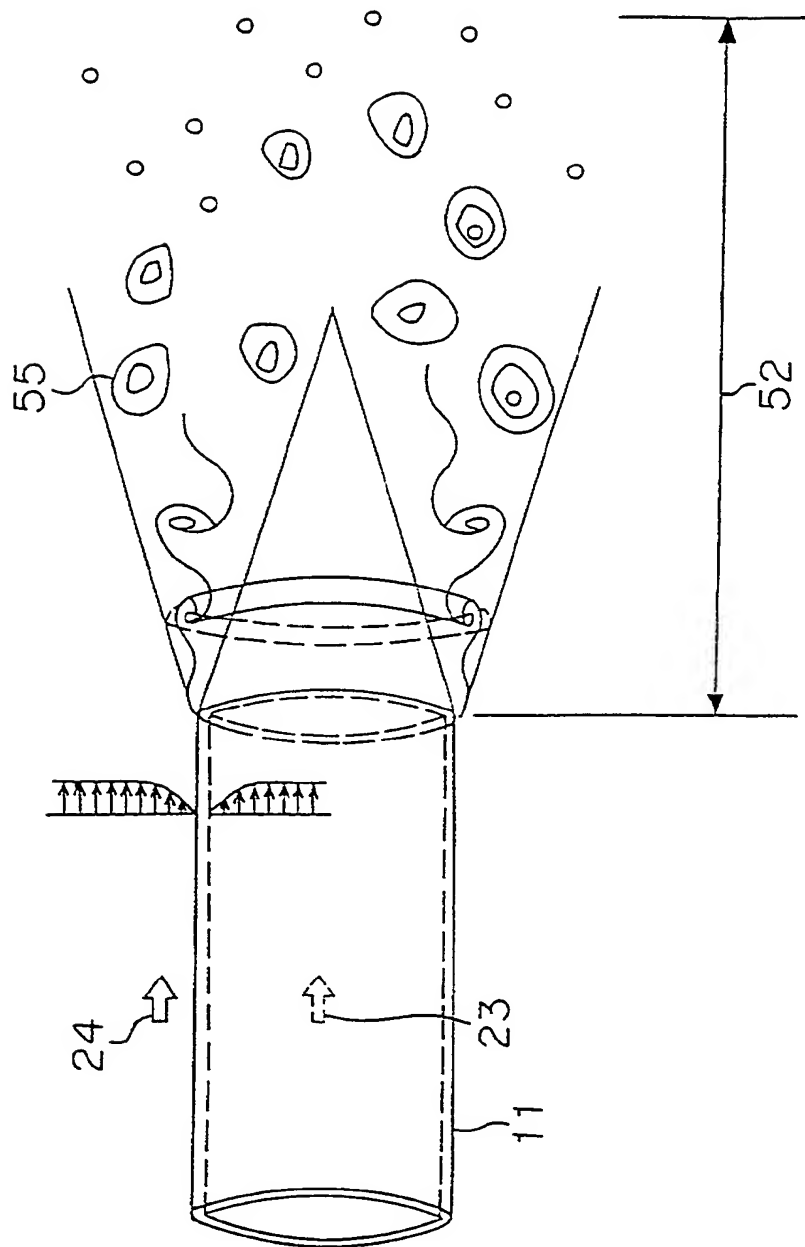


FIG. 40

